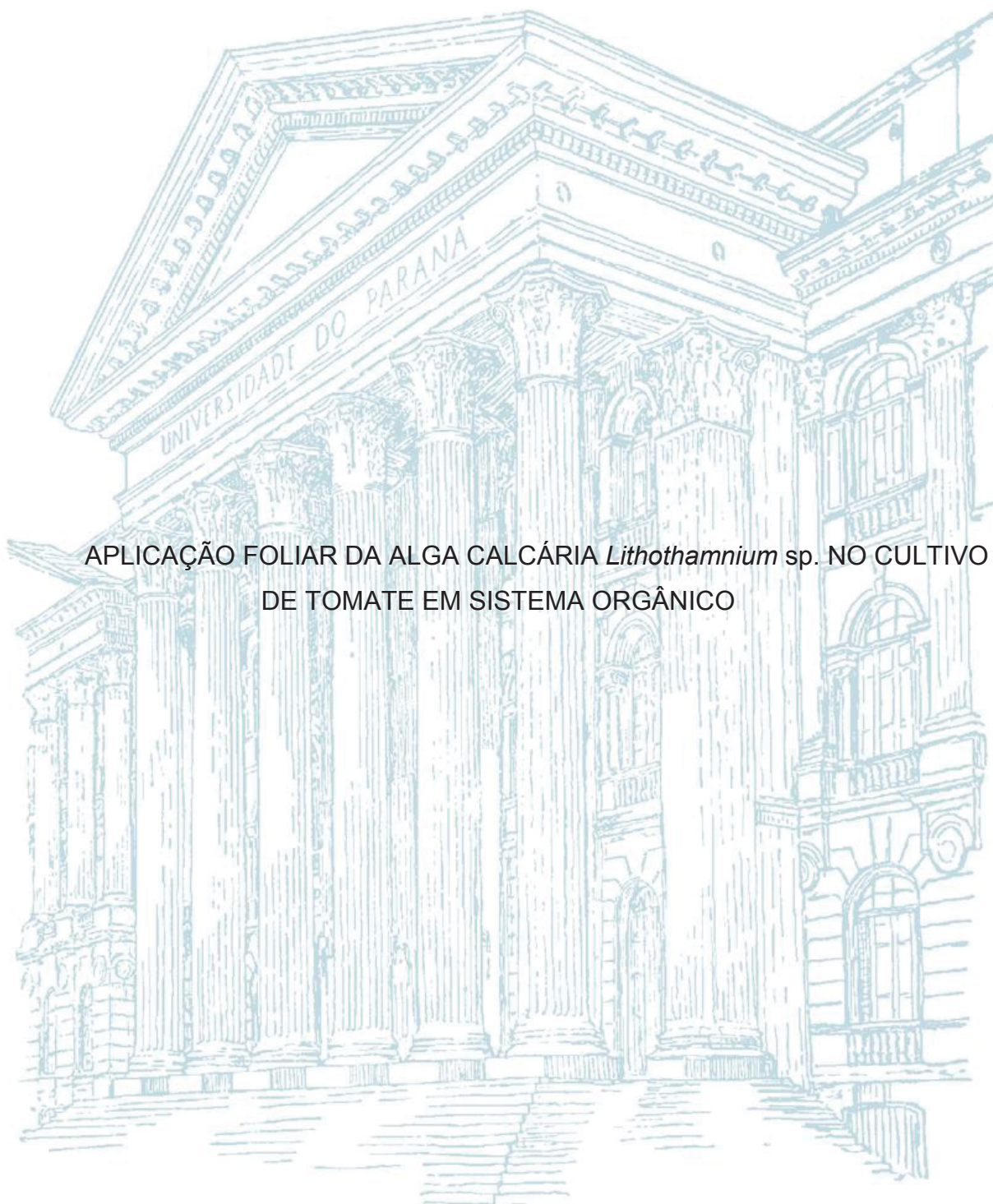


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JULIANA DE OLIVEIRA AMATUSSI



APLICAÇÃO FOLIAR DA ALGA CALCÁRIA *Lithothamnium* sp. NO CULTIVO  
DE TOMATE EM SISTEMA ORGÂNICO

CURITIBA

2018

JULIANA DE OLIVEIRA AMATUSSI

APLICAÇÃO FOLIAR DA ALGA CALCÁRIA *Lithothamnium* sp. NO CULTIVO DE  
TOMATE EM SISTEMA ORGÂNICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Átila Francisco Mógor

CURITIBA

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS/UFPR -  
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, DOUGLAS ALEX JANKOSKI CRB 9/1167  
COM OS DADOS FORNECIDOS PELO (A) AUTOR (A)

AM488a	<p>Amatussi, Juliana de Oliveira</p> <p>Aplicação foliar da alga calcária <i>Lithothamnium sp.</i> no cultivo de tomate em sistema orgânico / Juliana de Oliveira Amatussi. - Curitiba, 2018.</p> <p>60 f.: il., grafs., tabs.</p> <p>Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - (Produção Vegetal).</p> <p>Orientador: Átila Francisco Mógor</p> <p>1. Tomate – Cultivo. 2. Algas. 3. Biofertilizantes. 4. Agricultura orgânica. 5. Ácido húmico. I. Mógor, Átila Francisco. II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.</p> <p>CDU 582.272: 635.64</p>
--------	--



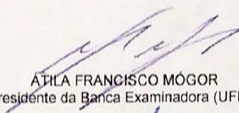
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Setor CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
Programa de Pós-Graduação AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL)

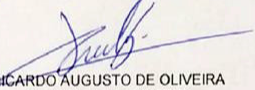
#### TERMO DE APROVAÇÃO

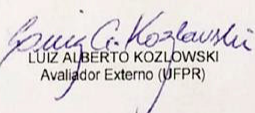
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de JULIANA DE OLIVEIRA AMATUSSI intitulada: **APLICAÇÃO FOLIAR DE ALGA CALCÁREA *Lithothamnium* sp. NO CULTIVO DE TOMATE EM SISTEMA ORGÂNICO**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua **APROVAÇÃO** no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 26 de Fevereiro de 2018.

  
ÁTILA FRANCISCO MÓGOR  
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

  
RICARDO AUGUSTO DE OLIVEIRA  
Avaliador Interno (UFPR)

  
LUIZ ALBERTO KOZŁOWSKI  
Avaliador Externo (UFPR)

Aos meus amados pais,  
Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por iluminar minha vida.

Aos meus pais, Simei e Valdelice, por me ensinarem que família dá o sentido à vida. Aos meus irmãos, Siméia e Dieilon por serem meus amigos e me presentear com sobrinhos maravilhosos (Áttila, Paula e Valentina).

Ao Bruno, meu querido esposo, por ser um companheiro incrível e por me apoiar em todos os momentos desse mestrado. À sua família, que ao longo dos anos também se tornou minha.

A todos os meus amigos que deixaram minha vida mais leve e alegre.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Áttila Francisco Mógor, pela dedicação em me orientar nesse importante trabalho, por me apresentar o universo dos biofertilizantes e por motivar diariamente todos os seus orientandos com seu exemplo profissional e a sua positividade.

À pesquisadora Dr.<sup>a</sup> Gilda Mógor, por todo conhecimento passado através da sua técnica e experiência em laboratório, pela contribuição em todas as etapas dessa pesquisa, e principalmente pelo exemplo e amizade.

A todos os professores que colaboraram com o meu aprendizado durante o mestrado no Programa de pós-graduação em Produção Vegetal (PGAPV) da Universidade Federal do Paraná, especialmente aos professores Prof. Dr. Ricardo A. de Oliveira e Prof. Dr. Luiz A. Kozlowski que colaboraram na redação dessa dissertação com apontamentos valiosos.

Aos integrantes do Grupo de Estudos em Biofertilizantes (e aos que já passaram por ele): Luiz G. Gemin, Laís G. Adamuchio, Gabriel B. Lara, Catherine P. G. Machulek, Aline Novaski, Luiza Prado, Tamires Santos, Cristiane Ronkoski, Damaris Miranda, Vanessa Orbzut e em especial à Vivian J. S. Zecchin por ter me ensinado parte do que sei sobre análises bioquímicas. A todos, os meus agradecimentos pela parceria nos experimentos e nos momentos de descontração; eu cresci e aprendi muito com a amizade de vocês.

Aos servidores da UFPR, em especial à Lucimara Antunes, secretária do PGAPV, à técnica do laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, Fabiana Gavelaki, ao Roger R. Cipriano, técnico do Laboratório de Ecofisiologia, pela disponibilidade e ao Senhor Marcos, funcionário da área de Olericultura por toda a ajuda nos experimentos em campo.

À Universidade Federal do Paraná, que faz parte da minha história e da minha formação profissional.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudos, tornando possível a execução dessa pesquisa.

À empresa Valeagro Comércio Importação & Exportação por fornecer a alga calcária *Lithothamnium* sp. utilizada nessa pesquisa.

A todos que de alguma forma colaboraram para a minha trajetória até aqui, os meus mais sinceros agradecimentos.

“Se enxerguei mais longe, foi porque estava sobre os ombros de gigantes.”

(Isaac Newton)



## RESUMO

A demanda por alimentos saudáveis impõe ao produtor a necessidade do uso de técnicas adequadas à produção sustentável, especialmente em cultivos com alta utilização de insumos, como o tomateiro (*Solanum lycopersicum*). Nesse sentido, o uso de alternativas naturais que apresentem bioatividade ao promover o crescimento vegetal tem despertado interesse, com destaque para as macroalgas coletadas de áreas litorâneas, sendo tema de grande número de trabalhos científicos e frequentemente utilizadas em produtos fertilizantes. Entretanto, pouco se sabe a respeito do potencial bioativo das algas calcárias obtidas de deposições marinhas. Assim, o objetivo desse trabalho foi identificar o possível efeito promotor do crescimento vegetal da alga calcária *Lithothamnium* sp. submetida à micronização, através da aplicação via foliar de soluções aquosas contendo a alga calcária no cultivo do tomateiro cv. TY<sup>®</sup>, bem como identificar a bioatividade da alga relacionada à presença de substâncias húmicas e comparar o seu efeito auxínico pela técnica de bioensaios de emissão de raízes de *Vigna radiata* L. Para tanto, foi instalado bioensaio em B.O.D. comparando seis concentrações (0 a 20 ppm) de AIA (ácido 3-indol acético) com 5 concentrações de *Lithothamnium* micronizado (0 a 3 g L<sup>-1</sup>), em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Posteriormente foram implantados simultaneamente dois experimentos com tomateiro, um em vaso e o outro em cultivo protegido, na Área Experimental de Olericultura Orgânica da Fazenda Experimental do Canguiri (UFPR). Os tratamentos, para os dois experimentos com tomateiro, foram dispostos em DIC com quatro repetições, e constaram de aplicações foliares de soluções aquosas com quatro concentrações (0,75; 1,5; 2,25 e 3 g L<sup>-1</sup>) da alga micronizada, além de testemunha com aplicação de água. Aos 80 dias, no início da floração, foram avaliadas a parte aérea e as raízes das plantas cultivadas em vasos e coletado material vegetal para análises bioquímicas. No cultivo protegido, todos os frutos foram classificados de acordo com o seu diâmetro e quantificado a massa, determinando-se a produtividade. Foram coletados folhas e frutos do terço médio das plantas para análises bioquímicas e quantificação de nutrientes. As aplicações da alga *Lithothamnium* sp. micronizada incrementaram a produção pelo aumento dos frutos, sendo 1,64 g L<sup>-1</sup> a concentração de máxima eficiência, com incremento de 31,3% na massa dos frutos comerciais. As aplicações promoveram aumento na concentração de aminoácidos livres nas folhas e nas raízes, além de açúcares nas raízes e frutos, apresentando efeito biofertilizante no cultivo do tomateiro em sistema orgânico. Os efeitos foram relacionados à presença de ácido húmico da alga micronizada e ao comportamento auxínico, característico das substâncias húmicas.

**Palavras-chave:** alga, biofertilizante, crescimento vegetal, ácido húmico, *Solanum lycopersicum*.

## ABSTRACT

The increasing demand for healthy foods inflicts on techniques and inputs adequacy for sustainable production, as the use of natural alternatives that can promote plant growth, especially in crops with high inputs, such as tomatoes (*Solanum lycopersicum*). In this sense, the use of natural alternatives that present bioactivity when promoting plant growth has foment interest, especially macroalgae collected from coastal areas, being the subject of a great number of scientific works and often used in fertilizer products. However, little is known about the bioactive potential of calcareous algae obtained from marine depositions. Thereby, this work objective was to identify possible growth promoter effects from limestone algae *Lithothamnium* sp. submitted to micronization, as well as to identify its bioactivity related to humic substances presence and to investigate its auxinic effect by bioassays technique of roots from *Vigna radiata* L. In addition, it was sought foliar application influence of aqueous solutions containing micronized *Lithothamnium* sp. in organic system cultivation of tomato cv. TY<sup>®</sup>. For this, a bioassay was installed in B.O.D. comparing 5 concentrations (0 to 20 ppm) of AIA (3-indole acetic acid) with 5 concentrations of micronized *Lithothamnium* (0 to 3 g L<sup>-1</sup>) in a completely randomized design (CRD). Subsequently, two experiments with tomato, one in vases and other inside protected cultivation, were implanted simultaneously in the the organic vegetables production research area (UFPR). The treatments for these two experiments were arranged in CRD with four replicates, and consisted of foliar applications using aqueous solutions with four concentrations (0,75; 1,5; 2,25 and 3 g L<sup>-1</sup>) of micronized seaweed and a water application as control. At 80 days, at the beginning of flowering, roots and aerial parts from the plants grown in vases were collected and sent to biochemical analyzes. In the protected cultivation, all fruits were classified according to their diameter and the productivity was determined by the quantified mass. Leaves and fruits from the middle third of the plants were collected for biochemical analysis and nutrients quantification. Data obtained from tomato experiments were submitted to variance analysis and, when significant, submitted to regression analysis, adjusting the equations of *Lithothamnium* sp. Concentrations related to the highest increase of the variables tested were determined by the first derivative of the regression equations, equal to zero. *Lithothamnium* sp. applications increased vegetable production by the fruit size increase, 1,64 g L<sup>-1</sup> was the maximum efficiency concentration. Applications promoted an increase in the free amino acids concentration in leaves and roots, sugar increase in roots and fruits, thus presenting biofertilizer effect in organic system tomato crops. The effects were related to humification degree determination of humic acid in the micronized extract and auxinic characteristic behavior in humic substances.

Key words: seaweed, biofertilizer, plant growth, humic acid, *Solanum lycopersicum*

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS EM DUAS AMOSTRAS DE *Lithothamnium* sp.: MOÍDO E MICRONIZADO. (ANÁLISE REALIZADA NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....33
- FIGURA 2 ÁREA DE RAÍZES DE *Vigna radiata* (%) EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES (0; 5; 10; 15; 20 e 20 ppm) DE ÁCIDO 3-INDOL ACÉTICO (AIA) E DAS CONCENTRAÇÕES (0; 0,75; 1,5; 2,25; e 3 g L<sup>-1</sup>) DE *Lithothamnium* sp. MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....35
- FIGURA 3 (a) MASSA FRESCA E SECA DAS RAÍZES (g); (b) VOLUME DE RAÍZES (cm<sup>3</sup>); (c) COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (cm) E (d) COMPRIMENTO DE RAÍZES (cm) NO DIÂMETRO DE 0 A 0,5 mm DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* sp. MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ). .....37
- FIGURA 4 (a) ALTURA DE PLANTA AOS 80 DIAS (cm); (b) MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA (g); (c) ÁREA FOLIAR (cm<sup>2</sup>), E (d) MASSA SECA DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* sp. MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS).....38
- FIGURA 5 (a) TEOR DE AMINOÁCIDOS LIVRES TOTAIS EM FOLHAS E RAÍZES, (b) TEOR DE AÇÚCARES TOTAIS (µg g<sup>-1</sup>) DE RAÍZES E FOLHAS, TEORES DE PROTEÍNAS (µg g<sup>-1</sup>) DE (c) FOLHAS E DE RAÍZES E (d) TEOR DE CLOROFILA TOTAL DE FOLHAS DE

PLANTAS DE TOMATEIRO SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* sp. MICRONIZADO (Lm) (ANÁLISES REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ). .....39

FIGURA 6 (a) CONTEÚDO DE AÇÚCARES TOTAIS EM FRUTOS E FOLHAS, (b) PRODUÇÃO DE TOMATE (ton ha<sup>-1</sup>), (c) NÚMERO MÉDIO DE FRUTOS POR PLANTA E (d) PORCENTAGEM DE FRUTOS COMERCIAIS POR PLANTAS (FRUTOS MÉDIOS E GRANDES) DE PLANTAS SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* sp. MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS - PARANÁ). .....41

FIGURA 7 CONCENTRAÇÕES DE Fe (mg Kg<sup>-1</sup>) EM FOLHAS DE TOMATEIRO APÓS APLICAÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES (g L<sup>-1</sup>) DE *Lithothamnium* sp. MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ). .....42

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	RAZÃO $E_4/E_6$ DE 2 AMOSTRAS DE <i>Lithothamnium</i> sp., SENDO $E_4$ A ABSORBÂNCIA EM 465 nm E $E_6$ A ABSORBÂNCIA EM 665 nm. (ANÁLISE REALIZADA NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	34
TABELA 2.	VALORES MÉDIOS DAS CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES MINERAIS EM FOLHAS E FRUTOS DE TOMATEIRO. (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	- Graus Celsius
µg	- Micrograma
µL	- Microlitro
λ	- Comprimento de onda
AIA	- Ácido 3-indol acético
AH	- Ácido Húmico
CME	- Concentração de máxima eficiência
DAS	- Dias após semeadura
GL	- Graus de liberdade
ha	- Hectare
MAPA	- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
nm	- Nanômetro
ppm	- Parte por Milhão
SH	- Substâncias Húmicas
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UV-VIS	- Ultravioleta visível
BOD	- Bio-Oxygen Demand (Estufa Incubadora)

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>22</b>
2.1	BIOFERTILIZANTES .....	22
2.2	ALGAS.....	23
2.3	SUBSTÂNCIAS HÚMICAS .....	24
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
3.1	IDENTIFICAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS EM <i>Lithothamnium</i> sp.....	26
3.2	BIOENSAIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE EFEITO AUXÍNICO .....	26
3.3	EXPERIMENTOS EM VASO E EM CULTIVO PROTEGIDO .....	27
3.3.1	Área experimental.....	27
3.3.1.1	Cultivar de tomate TY® .....	27
3.3.1.2	Preparo das mudas .....	27
3.3.1.3	Delineamento experimental e tratamentos .....	28
3.3.2	Experimento em vasos .....	28
3.3.2.1	Avaliações biométricas e bioquímicas .....	28
3.3.3	Experimento em cultivo protegido.....	29
3.3.4	Avaliações biométricas e bioquímicas .....	30
3.3.4.1	Determinação dos teores de proteínas solúveis totais .....	30
3.3.4.2	Determinação de açúcares totais .....	30
3.3.4.3	Determinação de clorofilas e carotenóides .....	31
3.3.4.4	Determinação de aminoácidos livres totais .....	31
3.3.5	Análise química do tecido vegetal .....	31
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	32
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
4.1	IDENTIFICAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS EM <i>Lithothamnium</i> sp.....	33
4.2	BIOENSAIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE EFEITO AUXÍNICO .....	34
4.3	EXPERIMENTO EM VASOS .....	36
4.3.1	Variáveis biométricas.....	36
4.3.2	Variáveis bioquímicas .....	38
4.4	EXPERIMENTO EM CULTIVO PROTEGIDO .....	40
4.4.1	Produtividade e alterações bioquímicas .....	40
4.4.2	Teor, conteúdo e partição de nutrientes na parte aérea .....	41

<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>52</b>
APÊNDICE 1 FOTOGRAFIAS DOS PROCESSOS DOS EXPERIMENTOS CONDUZIDOS EM VASO E EM ESTUFA AGRÍCOLA. (A) SEMEADURA EM BANDEJAS; (B) TRANSPLANTIO DAS MUDAS; (C E D) TUTORAMENTO DAS PLANTAS; (E, F) PROCESSO DE LAVAGEM DAS RAÍZES DAS PLANTAS; (G) RAÍZES NO WinRHIZO®; (H, I, J) PROCESSO DE PREPARO DO SOLO. (K, L, M, N): TRANSPLANTIO DE MUDAS E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO, (O) CLASSIFICAÇÃO DOS FRUTOS E QUANTIFICAÇÃO DA MASSA FRESCA.....	52
APÊNDICE 2 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA MASSA FRESCA DAS RAÍZES DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	53
APÊNDICE 3 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA MASSA SECA DAS RAÍZES (g) DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	53
APÊNDICE 4 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VOLUME DE RAÍZES (cm³) DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	53
APÊNDICE 5 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (cm) DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	54



APÊNDICE 6	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA COMPRIMENTO DE RAÍZES (cm) NO DIÂMETRO DE 0 A 0,5 mm DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	54
APÊNDICE 7	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA DE PLANTA AOS 80 DIAS (cm) DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS).....	54
APÊNDICE 8	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA (g) DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS)...	55
APÊNDICE 9	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA MASSA SECA DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS).....	55
APÊNDICE 10	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> ) DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm).). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS).....	55
APÊNDICE 11	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEOR DE AMINOÁCIDOS LIVRES TOTAIS EM FOLHAS DE PLANTAS DE TOMATEIRO SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	56

APÊNDICE 12	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEOR DE AMINOÁCIDOS LIVRES TOTAIS EM RAÍZES DE PLANTAS DE TOMATEIRO SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	56
APÊNDICE 13	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEOR DE AÇÚCARES TOTAIS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) DE RAÍZES DE PLANTAS DE TOMATEIRO SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (ANÁLISES REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES – UFPR).....	56
APÊNDICE 14	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEOR DE AÇÚCARES TOTAIS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) DE FOLHAS DE PLANTAS DE TOMATEIRO SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (ANÁLISES REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES – UFPR).....	57
APÊNDICE 15	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEORES DE PROTEÍNAS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) DE FOLHAS DE PLANTAS DE TOMATEIRO SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm), AOS 80 DIAS. (ANÁLISES REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES – UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	57
APÊNDICE 16	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEORES DE PROTEÍNAS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) DE FOLHAS DE PLANTAS DE TOMATEIRO CULTIVADAS EM ESTUFA AGRÍCOLA SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ). ....	57
APÊNDICE 17	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEORES DE PROTEÍNAS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) DE FRUTOS DE TOMATEIRO CULTIVADAS EM ESTUFA AGRÍCOLA SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (ANÁLISES REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES – UFPR).....	58

APÊNDICE 18	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PRODUÇÃO DE TOMATE (ton/ha) DE PLANTAS SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	58
APÊNDICE 19	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O CONTEUDO DE AÇÚCARES EM FRUTOS DE PLANTAS SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	58
APÊNDICE 20	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PRODUÇÃO TOTAL DE FRUTOS TOMATEIROS (ton ha <sup>-1</sup> ) SUBMETIDOS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS - PARANÁ). ....	59
APÊNDICE 21	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A PORCENTAGEM DE FRUTOS COMERCIAIS POR PLANTAS (FRUTOS MÉDIOS E GRANDES) DE PLANTAS SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	59
APÊNDICE 22	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CONCENTRAÇÕES DE Fe (mg Kg <sup>-1</sup> ) EM FOLHAS DE TOMATEIRO SUBMETIDOS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	59
APÊNDICE 23	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁREA DE RAÍZES DE <i>Vigna radiata</i> (%) EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES (0; 0,75; 1,5; 2,25; e 3 g L <sup>-1</sup> ) DE <i>Lithothamnium</i> MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).....	60

APÊNDICE 24	ÁREA DE RAÍZES DE <i>Vigna radiata</i> (%) EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES (0; 5; 10; 15 E 20 ppm) DE AIA. (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ). ....	60
-------------	--	----

## 1. INTRODUÇÃO

O tomate, fruto do tomateiro (*Solanum lycopersicum*), da família das solanáceas, tem enorme impacto alimentar por ser uma importante fonte de nutrientes (BOITEUX et al., 2008), como vitamina C, potássio, ácido fólico e carotenóides (PARVEEN et al., 2015), além de ser uma hortaliça fruto consumida *in natura* ou na forma de extratos.

Dentre as hortaliças, o tomate é o mais produzido mundialmente por ser muito consumido pela população. Em 2016, no Brasil, foram cultivados cerca de 63 mil ha, com produção de 4,16 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2018).

Considerando a sua importância e a complexidade de seu cultivo (FILGUEIRA, 2008), o tomate está entre as olerícolas mais estudadas, mas ainda assim carece de pesquisas agronômicas em sistemas de produção mais sustentáveis.

Na produção orgânica, compostos naturais são usados para melhorar o crescimento e o rendimento dos cultivos. Nesse sistema, os compostos orgânicos e/ou biofertilizantes têm na sua composição substâncias orgânicas provenientes de atividade biológica, com a finalidade de melhorar o desenvolvimento das plantas, de forma direta ou indireta (BRASIL, 2004; MORAES E AZEVEDO, 2016). As macroalgas são utilizadas em formulações com este fim (STADINK et al., 2017), principalmente as coletadas próximo à superfície do mar. Já as algas calcárias provenientes de depósitos marinhos abaixo da superfície ainda tem seu uso pouco difundido como compostos naturais para a promoção do crescimento vegetal.

A alga calcária *Lithothamnium* sp. é extraída desses depósitos para utilização como corretivo de acidez do solo (MELO E FURTINI NETO, 2003; ARAUJO et al., 2007; CAVALCANTI, 2011; EVANGELISTA et al., 2016) em função da presença de carbonato de cálcio e magnésio na sua composição. Seu uso não faz referência à bioatividade, apesar do processo de formação das deposições da alga calcificada no fundo do mar ocasionar a decomposição da fração orgânica da biomassa da alga, além dos carbonatos de cálcio e magnésio.

No cultivo de hortaliças, em especial o tomate, a matéria orgânica e suas frações têm fundamental importância (ZANDONADI et al., 2014). As substâncias húmicas, resultado da degradação da matéria orgânica, promovem alterações na

fisiologia das plantas, modulando reações que alteram a arquitetura das raízes, por exemplo.

Esse crescimento pode causar modificações nas raízes através do aumento na emissão de raízes secundárias e raízes laterais (SILVA et al., 2011; ZANDONADI et al., 2007), que tem sido atribuída a um efeito similar à ação das auxinas (SCHIAVON et al., 2010; SILVA et al., 2011), um importante hormônio vegetal envolvido em diversas etapas do desenvolvimento das plantas através de efeitos fisiológicos, como a expansão celular e formação de raízes laterais e adventícias (TAIZ E ZEIGER, 2013).

Esses efeitos bioativos nas plantas podem variar em função de muitos fatores, como o processo de formação da fonte de SH e o seu grau de humificação (CANELLAS et al., 2004).

Assim, o objetivo nesse trabalho foi avaliar o potencial biofertilizante de *Lithothamnium* micronizado em promover o crescimento vegetal de tomateiro, tanto em vasos, quanto em cultivo protegido em sistema de produção orgânico; bem como pela caracterização da alga em função da determinação do seu grau de humificação através da razão  $E_4/E_6$  e da comparação do efeito auxínico do extrato da alga com AIA (ácido 3-indol acético), utilizando bioensaio de emissão de raízes de *Vigna radiata* L.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 BIOFERTILIZANTES

A utilização de biofertilizantes na agricultura é uma estratégia importante na busca da sustentabilidade, tema em evidência nas últimas décadas. Na literatura em encontra-se com facilidade pesquisas salientando esse tema (MÓGOR et al., 2008; VASCONCELOS E GONÇALVES, 2013;). Esses produtos, ao estimularem respostas fisiológicas quando aplicados às plantas (MÓGOR, 2017) podem atuar como sinalizadores, pelo aumento das raízes que consequentemente aumentam a área de absorção de nutrientes, ou pela promoção do desenvolvimento e crescimento da parte aérea, ou ainda estimulando respostas à estresses bióticos e abióticos (NARDI et al., 2016; STADINIK et al., 2017).

Paralelamente, apesar do termo bioestimulante não ser reconhecido como uma classe na legislação brasileira, é comumente encontrado nos meios de comunicação, seja científico ou não. Na literatura internacional, Moraes e Azevedo (2016) constataram que a maioria dos produtos citados como bioestimulantes também poderiam ser classificados como biofertilizantes, no entanto em nosso país alguns produtos descritos nos trabalhos científicos como bioestimulantes são classificados como reguladores vegetais (MÓGOR, 2017), não se enquadrando na classe de biofertilizantes reconhecida pelo MAPA.

O conceito de Biofertilizantes está definido nas Instruções Normativas do MAPA (BRASIL, 2011) como:

Produto que contém componentes ativos ou agentes biológicos capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, melhorando o desempenho do sistema de produção e que seja isento de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos.

Essas discussões em função da maneira correta da classificação desses produtos são muito importantes e acrescentam muito para a comunidade em geral, principalmente para que não haja equívocos nas definições (MORAES E AZEVEDO, 2016; MÓGOR, 2017). Assim, nesse trabalho utilizou-se o termo biofertilizante, contemplado na legislação vigente, para designar produtos a partir de insumos naturais, como extratos de algas.

## 2.2 ALGAS

As algas são utilizadas na alimentação humana, na produção animal, na indústria de cosméticos e em função do seu potencial biotecnológico e na agricultura, muitas vezes considerado um campo de pesquisa subexplorado no Brasil (VASCONCELOS E GONÇALVES, 2013).

Elas têm a utilização na sua forma natural bem descrita (NORRIE, 2008; ARIOLI et al, 2015). A macroalga marrom *Ascophyllum nodosum* está entre as algas marinhas mais estudadas, é conhecida na literatura como promotora de crescimento vegetal ao apresentar efeito biofertilizante na germinação e crescimento de tomate (HERNÁNDEZ-HERRERA et al., 2014; ALI et al., 2016), no cultivo do feijoeiro (MÓGOR et al., 2008), no crescimento e teores de nutriente da cenoura (KASEKER et al., 2014), entre outras. Algas dessa espécie são coletadas próximo à superfície do mar, no entanto pouco se sabe a respeito do potencial das algas calcárias provenientes dos depósitos marinhos sedimentares.

No Brasil, os depósitos de algas calcificadas são encontrados do sul do Rio de Janeiro até a Região Amazônica, numa extensão de cerca de 4.000 km, com reservas ainda não totalmente conhecidas (CAVALCANTI, 2011), sendo considerada a plataforma continental com maior extensão coberta por sedimentos carbonáticos (DIAS, 2001).

A alga calcária *Lithothamnium* sp. é extraída desses depósitos por processos manuais e mecânicos, a matéria prima é lavada, desidratada e moída para utilização como fertilizante (CAVALCANTI, 2011). *Lithothamnium* sp. tem na sua composição carbonato de cálcio (32%) e magnésio (2%) (MELO et al, 2008), além de micronutrientes e uma fração orgânica (DIAS, 2001), que se acumulam nas deposições marinhas.

Melo e Furtini Neto (2003) observaram que a aplicação de *Lithothamnium* sp. foi eficiente na correção da acidez do solo, no crescimento e na produção do feijoeiro. Em outro experimento, Evangelista et al. (2016) observaram aumento da produtividade em pimentão quando aplicada a alga via irrigação por gotejamento. Com seu uso foi observado maior crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo



(MENDONÇA et al., 2006), maracujazeiro-doce (SOUZA et al., 2007, 2009), assim como incremento na parte aérea de mudas de mamoeiro (HAFLE et al., 2009).

Essa alga está classificada e registrada no MAPA no Anexo II da Instrução Normativa nº 5/2007 como um fertilizante mineral e corretivo de acidez do solo (BRASIL, 2007) e na literatura o seu uso é reconhecido com tal efeito. Não foi encontrado relato do uso da alga *Lithothamnium* aplicado via foliar em cultivos agrícolas, tampouco seu efeito no solo foi associada ao possível efeito biofertilizante, apenas ao efeito corretivo e fertilizante como fonte de Ca e Mg.

Entretanto, o processo de formação das deposições de *Lithothamnium* sp., com a sedimentação de camadas da alga calcificada e de sua biomassa no fundo do mar (DIAS, 2001; CAVALCANTI, 2011), e consequente degradação de compostos orgânicos, faz alusão aos processos de formação da matéria orgânica e de seus componentes, em especial as substâncias húmicas, possivelmente associadas à fração orgânica das deposições.

## 2.3 SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

As substâncias húmicas (SH) são o resultado da oxidação e da polimerização da matéria orgânica. Elas derivam da degradação dos resíduos orgânicos no ambiente, considerada a maior parte da matéria orgânica na natureza (CANELLAS et al., 2008). As SH são classificadas em ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina (STEVENSON, 1986), sendo os ácidos húmicos (AH) considerados uma das principais frações das substâncias húmicas (CANELLAS et al., 2002).

Na utilização das SH os efeitos podem variar em função da sua formação geológica, forma de obtenção, concentrações aplicadas e das características fisiológicas das plantas que recebem essas aplicações (ROSE et al., 2014).

A matéria orgânica com maior grau de humificação é muito importante, pois ao ser disponibilizada às plantas a sua absorção pode modular processos fisiológicos de forma similar aos fitohormônios (ZANDONADI et al., 2014). O processo de humificação é a transformação da matéria orgânica, através de processos biológicos, químicos e físicos (BALDOTTO E BALDOTTO, 2014).

A espectroscopia de UV-VIS é uma técnica eficiente para se determinar a razão  $E_4/E_6$  (SAAB E MARTIN-NETO, 2007) do AH. Essa razão é considerada um dos principais parâmetros para a avaliação do processo de humificação (CANELLAS

et al., 2004), e quanto menor esse valor maior é o grau de humificação em função das reações de transformação das SH (SAAB E MARTIN-NETO, 2007).

O ácido húmico (AH), principal fração das SH, tem efeitos positivos sobre a fisiologia das plantas. Essa fração exerce efeitos fisiológicos nas plantas ao promover o crescimento vegetal através do maior desenvolvimento da parte aérea e radicular (DAUR E BAKHASHWAIN, 2013).

Aplicações foliares de substâncias húmicas já foram descritas como promotoras de alterações na fisiologia de tomateiros (YILDIRIM, 2007; SCAGLIA et al. 2016). A aplicação foliar de AH não apenas aumentou o crescimento foliar e radicular, como também aumentou a taxa de fotossíntese, absorção de nutrientes, desenvolvimento de área foliar e produção de biomassa, de acordo com Yildirim (2007), que relacionou essa melhoria na produção de biomassa à estimulação no metabolismo de micronutrientes e macronutrientes, ativação de enzimas, alterações na permeabilidade da membrana e síntese proteica.

Esse efeito em função da aplicação de SH nas plantas é descrito na literatura através de várias rotas, entre elas a complexação do AH e íons minerais, influenciando a respiração e a fotossíntese das plantas, estimulando o metabolismo dos ácidos nucleicos (YILDIRIM, 2007) e estimulando a produção de determinados hormônios e/ou sinais químicos endógenos (ZANDONADI et al., 2010) confirmando a possível ação direta das substâncias húmicas sobre a fisiologia vegetal

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 IDENTIFICAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS EM *Lithothamnium* sp.

Para a determinação do teor de ácidos húmicos (AH) na alga calcária, foi utilizada a metodologia proposta por Javanshah e Saidi (2016) com espectrofotometria UV-VIS. A curva padrão foi feita com AH (Sigma-Aldrich®) com concentração variando de 0 a 10 µg de AH por mL de solução alcalina. Os resultados foram expressos em µg de ácido húmico por g de amostras de alga moída (moagem convencional) e de alga micronizada (quebra mecânica, causado pelo atrito entre as partículas, que consequentemente aumentam a área de superfície), fornecida pela empresa Valeagro Comércio Importação & Exportação.

As leituras na faixa do UV/visível foram feitas em um espectrofotômetro, com os valores de absorbância nos comprimentos de onda 465 e 665 nm. Calculou-se a razão  $E_4/E_6$ , sendo  $E_4$  valor de leitura obtida na absorbância em 465 nm e  $E_6$  na absorbância em 655 nm (STEVENSON, 1986).

#### 3.2 BIOENSAIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE EFEITO AUXÍNICO

Para identificar o potencial promotor de crescimento vegetal de *Lithothamnium* sp. micronizado e verificar o comportamento auxínico foram realizados bioensaios utilizando *Vigna radiata* L. para avaliar a emissão de raiz (TRIPEPI E GEORGE 1991). O enraizamento foi comparado com cinco concentrações (0; 5; 10; 15 e 20 ppm) de ácido 3-indol acético (AIA), com cinco concentrações de *Lithothamnium* micronizado (0; 0,75; 1,5; 2,25; e 3 g L<sup>-1</sup>).

Os bioensaios foram realizados em câmara B.O.D com controle de fotoperíodo de 12 horas e temperatura constante (25 °C). Foi quantificada a área (cm<sup>2</sup>) de raízes de *V. radiata* por meio do programa computacional WinRhizo®, acoplado a um Scanner LA1600 (Regent Instruments Inc., 2013, Canadá). O experimento foi conduzido com quatro repetições em delineamento inteiramente casualizado, no Laboratório de Biofertilizantes da Universidade Federal do Paraná.

### 3.3 EXPERIMENTOS EM VASO E EM CULTIVO PROTEGIDO

Foram realizados dois experimentos simultâneos utilizando a alga calcária *Lithothamnium* sp. micronizada. Um experimento foi conduzido em vasos em casa de vegetação e o outro foi implantado em cultivo protegido, ambos utilizando a cultivar de tomate TY<sup>®</sup> (SEMINIS).

Variáveis biométricas e bioquímicas foram determinadas em ambos os experimentos. Os teores de nutrientes no tecido vegetal e a classificação e produção de frutos foram determinados no experimento em cultivo protegido.

Os tratamentos e a frequência (semanal) das aplicações foram os mesmos para o experimento em vaso e para o experimento em cultivo protegido.

#### 3.3.1 Área experimental

Os experimentos foram conduzidos na área de Olericultura Orgânica na Estação Experimental do Canguiri da Universidade Federal do Paraná localizado no município de Pinhais – PR, situado no Primeiro Planalto Paranaense a 25°23'30" de latitude sul e 49°07'30" de longitude oeste e altitude média de 920 metros, com clima temperado tipo cfb segundo a classificação de Köppen.

##### 3.3.1.1 Cultivar de tomate TY<sup>®</sup>

A cultivar TY 2006<sup>®</sup> (Seminis Vegetable Seeds) é considerada uma planta vigorosa, com frutos grandes e firmes, de tamanho uniforme do início ao final da colheita, ciclo médio após semeadura de 95 a 110 dias, com frutos tipo “saladete”. As plantas são do tipo determinada, com frutos que se destinam ao segmento para consumo *in natura* (SEMINIS, 2018).

##### 3.3.1.2 Preparo das mudas

A semeadura ocorreu em bandejas de plástico (200 células), preenchidas com os substratos Pró Vaso<sup>®</sup> e Plantmax<sup>®</sup>, na proporção de 1:2, respectivamente, mantidas em casa de vegetação com irrigação por micro aspersão temporizada até os 42 dias após semeadura (DAS), sendo transplantada com a quarta folha verdadeira emergida e adequado desenvolvimento radicular.

### 3.3.1.3 Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com aplicações de quatro concentrações ( $0,75 \text{ g L}^{-1}$ ;  $1,5 \text{ g L}^{-1}$ ;  $2,25 \text{ g L}^{-1}$  e  $3 \text{ g L}^{-1}$ ), de soluções aquosas contendo *Lithothamnium* sp., além do controle com aplicação de água. As aplicações foram realizadas com pulverizador pressurizado com  $\text{CO}_2$  com taxa de aplicação média de  $1000 \text{ L ha}^{-1}$

### 3.3.2 Experimento em vasos

Após o transplante das mudas de tomate aos 42 dias após semeadura (DAS) para vasos, estes foram dispostos em bancadas com irrigação localizada, em quatro repetições compostas por cinco vasos cada, totalizando 100 vasos no experimento.

A análise do solo utilizado nos vasos resultou nos seguintes valores: pH ( $\text{CaCl}_2$ )= 5,60; pH SMP= 5,80;  $\text{Al}^{+3}$ = 0;  $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ =  $5,80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ =  $7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ =  $3,90 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{K}^+$ =  $1,64 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; P=  $78,40 \text{ mg dm}^{-3}$ ; C=  $40,8 \text{ g dm}^{-3}$ ; V%= 68 e CTC=  $18,34 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Cu=  $16,80 \text{ mg kg}^{-1}$ ; Mn=  $154,20 \text{ mg kg}^{-1}$ ; Fe=  $98,40 \text{ mg kg}^{-1}$ ; Zn=  $9,40 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Foram realizadas cinco aplicações foliares dos tratamentos com intervalos semanais, a partir de 47 dias após semeadura (DAS).

#### 3.3.2.1 Avaliações biométricas e bioquímicas

Aos 82 DAS, com o início do florescimento, foram realizadas as análises biométricas das plantas. Foram parte aérea e sistema radicular, sendo as raízes lavadas sobre peneiras a fim de remover o solo aderido (APÊNDICE 1).

Os dados da área foliar ( $\text{cm}^2$ ), comprimento total de raízes (cm), volume ( $\text{cm}^3$ ) e estratificação por diâmetro (mm) do sistema radicular das plantas foram obtidos por meio do programa computacional WinRhizo<sup>®</sup>, acoplado a um Scanner LA1600 (Regent Instruments Inc., Canadá).

As massas fresca e seca (g) da parte aérea e massa seca das raízes (g) foram quantificadas em balança de precisão, após secagem em estufa a  $65^\circ \text{C}$  com circulação de ar forçada, até atingirem valor constante na quantificação da massa.

Os materiais vegetais para as análises bioquímicas foram coletados entre as 09 e as 10 horas da manhã sendo coletada a quarta folha totalmente desenvolvida a

partir do colo das plantas, e também retirando-se a totalidade das raízes, para determinação de açúcares e aminoácidos livres totais. Posteriormente foram congelados e macerados em nitrogênio líquido, até a obtenção de um pó fino. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro e os valores foram expressos em  $\mu\text{g g}^{-1}$  de massa fresca de folha e de raízes.

### 3.3.3 Experimento em cultivo protegido

O cultivo foi conduzido em estufa agrícola tipo arco, estrutura em metal, revestida com filme plástico (Eletroplastic®) de 150 micras, com cortinas laterais de filme plástico e tela sombrite® (50% de retenção de luz) e parte superior coberta com malha termorefletora aluminete® (Polysac®).

A implantação do experimento em cultivo protegido ocorreu na sequência do cultivo de aveia preta (*Avena strigosa*) (APÊNDICE 1). A semeadura da aveia objetivou formar palhada para propiciar maior ciclagem de nutrientes e reduzir a presença de plantas daninhas na área experimental. O transplante das mudas ocorreu 42 DAS, em sulcos previamente preparados com microtrator.

A característica de crescimento determinado do tomateiro, sem desbrotações durante o ciclo, possibilita duas opções: primeiro, o cultivo rasteiro (rente ao solo); segundo, tutorado em meia estaca. Nesse experimento foi utilizada a segunda opção (APÊNDICE A).

A análise do solo na área de cultivo protegido resultou nos seguintes valores na camada de 0 - 20 cm: pH ( $\text{CaCl}_2$ )= 6,30; pH SMP= 6,40;  $\text{Al}^{+3}$ = 0;  $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ = 3,70  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ = 9,30  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ = 4,30  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{K}^+$ = 1,34  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; P= 133,10  $\text{mg dm}^{-3}$ ; C= 33,3  $\text{g dm}^{-3}$ ; V%= 80 e CTC= 18,64  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Cu= 2,10  $\text{mg kg}^{-1}$ ; Mn= 41,70  $\text{mg kg}^{-1}$ ; Fe= 68.60  $\text{mg kg}^{-1}$ ; Zn= 16,30  $\text{mg kg}^{-1}$ .

Para a adubação da área do experimento em cultivo protegido foi utilizado o composto orgânico Provaso®, na quantidade de 10  $\text{Mg ha}^{-1}$  (recomendação do fabricante), em sulcos previamente abertos de 0,30 cm. O espaçamento entre linhas foi de 1,2 m e entre plantas de 0,5 m. Foram realizados cinco tratamentos, como descritos anteriormente, em quatro repetições (6 plantas em cada parcela). Foi utilizado sistema de irrigação por gotejamento com duas fitas de gotejo por linha de plantio, buscando-se manter a Capacidade de Campo a 80% com auxílio de tensiômetro.

### 3.3.4 Avaliações biométricas e bioquímicas

Foram realizadas aplicações dos tratamentos com intervalos semanais a partir dos 47 DAS. A colheita iniciou-se aos 120 DAS, com frequência semanal, definindo como ponto de colheita quando os frutos atingissem a coloração laranja (CEAGESP, 2003). Os frutos foram classificados em pequenos (40 – 50 mm), médios (50 – 60 mm) e grandes (> 60 mm), de acordo com classificação do MAPA (BRASIL, 1995). Durante a colheita dos frutos do terço médio das plantas, foram coletados dois frutos em cada parcela e as folhas acima desses frutos para a determinação bioquímica de açúcares, aminoácidos totais e para a quantificação dos teores de nutrientes minerais presentes nos tecidos vegetais.

A coleta do material vegetal foi realizada entre as 9h e 10h da manhã e posteriormente macerados em nitrogênio líquido. Os valores foram expressos em  $\mu\text{g}$  de metabólito por g de massa fresca de folha, raiz ou fruto.

#### 3.3.4.1 Determinação dos teores de proteínas solúveis totais

Para a extração das proteínas solúveis foi utilizado tampão fosfato pH 7,5 100 mM, acrescido de 1 mM EDTA, 3 mM DTT, 4% PVP (p/v) e 1 mM PMSF modificado de Du et al. (2010). Posteriormente foram adicionados 0,5 g de material vegetal macerado e após centrifugação (9335 g por 15 min) o sobrenadante foi coletado.

Para a reação colorimétrica foi acrescentado a 70  $\mu\text{L}$  do sobrenadante, 2 mL do reagente de Bradford. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 595 nm (BRADFORD, 1976). A curva padrão foi feita com albumina soro bovina (BSA) a 0,2 % (p/v) com valores entre 0 e 140  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . Os resultados foram expressos em  $\mu\text{g}$  de proteínas solúveis totais por g de material vegetal fresco.

#### 3.3.4.2 Determinação de açúcares totais

A extração dos açúcares totais foi realizada segundo Maldonade et al. (2013) com modificações. As amostras foram obtidas por hidrólise ácida e posterior reação com DNS. A curva padrão para açúcares totais foi feita com glicose a 1  $\text{mg mL}^{-1}$  (5,5 mM) com valores entre 50 a 800  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 540 nm. Os valores foram expressos em  $\mu\text{g}$  de açúcares por g material vegetal fresco.

#### 3.3.4.3 Determinação de clorofilas e carotenóides

A extração dos pigmentos foi realizada segundo Lichtenthaler (1987) com modificações. Em microtubo foi adicionado 0,3 g material vegetal macerado e 1,8 mL de acetona 80% em H<sub>2</sub>O destilada com 0,1% CaCO<sub>3</sub> (p/v) (POMPELLI et al. 2013);. Após centrifugação (9335 g por 2 segundos) o sobrenadante foi utilizado para as leituras em espectrofotômetro a 663, 647 e 470 nm. Foram utilizadas as fórmulas descritas por Lichtenthaler e Buschmann (2001) e os valores expressos em µg de clorofila por g de material vegetal fresco.

#### 3.3.4.4 Determinação de aminoácidos livres totais

O aminoácidos livres totais foram extraídos segundo Winters et al. (2002) e a reação colorimétrica foi realizada segundo Magné e Larher (1992). A curva padrão foi feita com glutamina e asparagina a 2 mM com valores entre 28 e 140 µg mL<sup>-1</sup>. A leitura foi feita em espectrofotômetro a 570 nm. Os resultados foram expressos em µg de aminoácidos livres totais por g de material vegetal fresco.

#### 3.3.5 Análise química do tecido vegetal

Foram coletados folhas e frutos do terço médio das plantas para quantificação de nutrientes. Nas análises de fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn) e cobre (Cu) foram preparadas amostras com 0,3 g de massa seca de folhas e frutos do terço médio das plantas. Essas amostras foram diluídas em HNO<sub>3</sub> e dissolvidas em H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

O P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn e Cu foram determinados utilizando espectroscopia de emissão óptica de plasma induzida por indução Perkin Elmer Optima 4300 (ICP-OES) (Perkin Elmer, EUA), em triplicata. A análise de nitrogênio (N-total) foi efetuada por combustão em analisador CHONS, marca ELEMENTAR, modelo VARIO EL III.

As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Plantas, do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias da UFPR.



### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

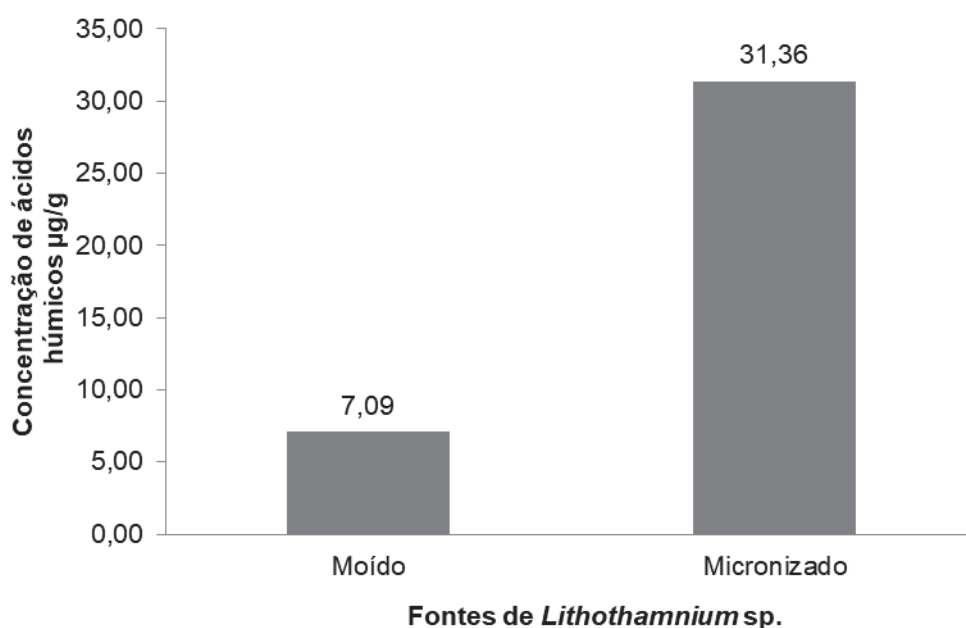
Os dados foram testados quanto à sua homogeneidade de variâncias, por Bartlett, em seguida submetidos à análise de variância, e quando significativos submetidos à análise de regressão, ajustando-se as equações a partir das concentrações aplicadas. As concentrações relacionadas à máxima eficiência (CME) das variáveis testadas foram determinadas pela derivada primeira das equações da regressão, igualadas a zero. As análises estatísticas foram realizadas no software Assistat® 7.7 Beta (SILVA E AZEVEDO, 2016).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS EM *Lithothamnium* sp.

Na análise para quantificar o teor de ácido húmico (AH) comparando-se amostra moída e micronizada de *Lithothamnium* sp., foi encontrado 7,09 µg de AH por grama na amostra moída e 31,36 µg de AH por grama na amostra da alga calcária micronizada (FIGURA 1). Os AH são considerados uma das principais frações das substâncias húmicas (CANELLAS et al. 2002).

FIGURA 1 CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDOS HÚMICOS EM DUAS AMOSTRAS DE *Lithothamnium* sp.: MOÍDO E MICRONIZADO. (ANÁLISE REALIZADA NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).



O processo de moagem das amostras altera a disponibilidade de AH. A amostra de *Lithothamnium* sp. micronizado apresentou maior concentração de AH enquanto a amostra moída (moagem convencional) apresentou concentração consideravelmente menor, demonstrando que a micronização (partículas na escala dos micrômetros) ao reduzir o tamanho das partículas, e por consequência aumentar a superfície específica da amostra, pode promover a liberação de substâncias que estejam retidas em moagens mais grosseiras.

O processo de humificação é a transformação da matéria orgânica por processos biológicos, químicos e físicos (BALDOTTO E BALDOTTO, 2014). A

espectroscopia de UV-VIS, técnica utilizada nessa pesquisa, é eficiente para se determinar a razão  $E_4/E_6$  (SAAB E MARTIN-NETO, 2007) do AH. Essa razão é considerada um dos principais parâmetros para a avaliação do processo de humificação (CANELLAS et al., 2004), pois quanto menor for o valor obtido, maior será o grau de humificação em função das reações de transformação das SH (SAAB E MARTIN-NETO, 2007).

A razão  $E_4/E_6$  encontrada nas amostras da alga calcária micronizada foi de 1,35 (TABELA 1). Esse valor está de acordo com o esperado para AH, que geralmente é menor do que 5,0 (BRIGHENTI et al., 2010). As baixas proporções de  $E_4/E_6$  são consideradas indicativas de um grau de aromatização maior (CHANG et al., 2014), característico de materiais orgânicos com alto grau de humificação (MARTINS et al., 2016) e estáveis (BALDOTTO E BALDOTTO, 2014).

TABELA 1 RAZÃO  $E_4/E_6$  DE 2 AMOSTRAS DE *Lithothamnium* sp., SENDO  $E_4$  A ABSORBÂNCIA EM 465 nm E  $E_6$  A ABSORBÂNCIA EM 665 nm. (ANÁLISE REALIZADA NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

	Abs 465 nm	Abs 665 nm	Razão $E_4/E_6$
Moído	0,034	0,024	1,42
Micronizado	0,14	0,104	1,35

A atividade biológica (bioatividade) do AH está relacionada ao conteúdo de moléculas hormonais que apresentam efeitos principalmente similares aos das auxinas (ZANDONADI et al., 2007, CANELLAS E OLIVARES, 2014), que podem variar em função da origem e das condições às quais o material original das SH foi submetido (ROSE et al., 2014), sendo assim, a bioatividade tem relação com os processos de formação das SH.

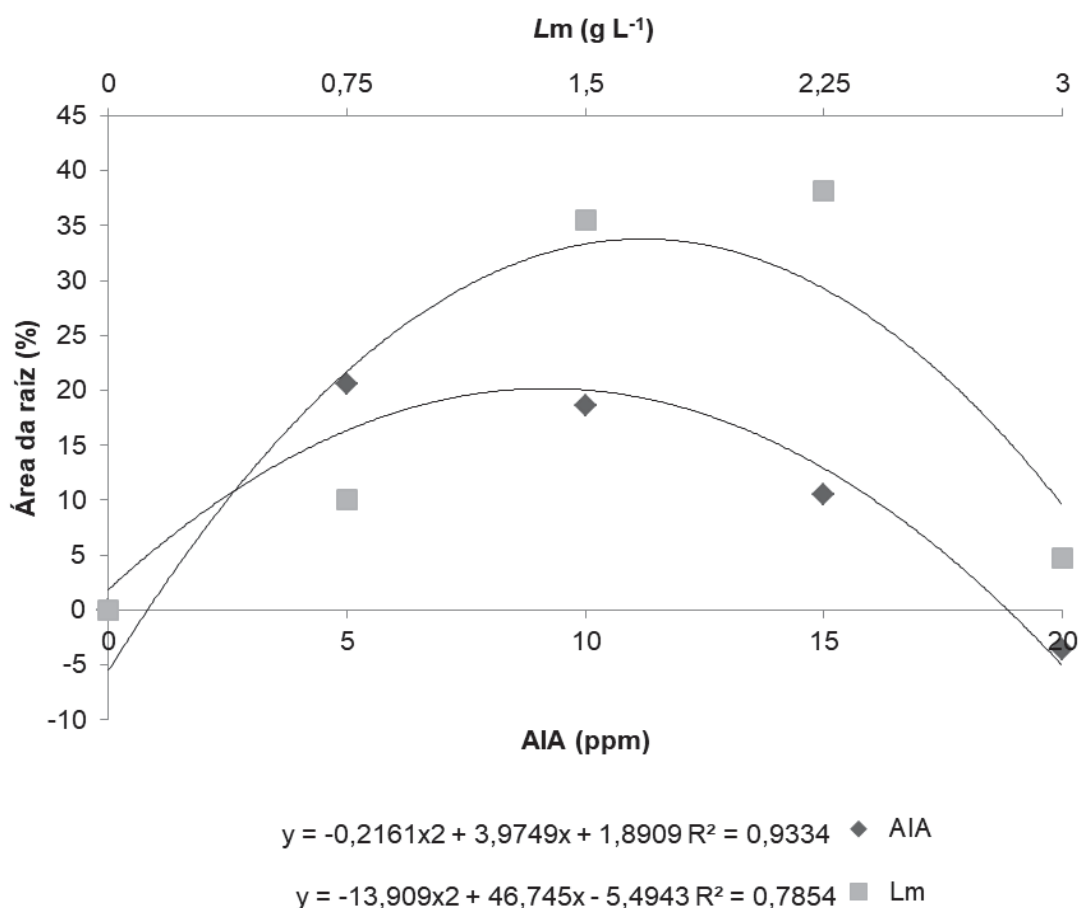
#### 4.2 BIOENSAIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE EFEITO AUXÍNICO

A comparação do efeito auxínico de *Lithothamnium* micronizado (Lm) pela avaliação da emissão de raízes de *V. radiata*, considerada como uma planta modelo em experimentos (KANG et al, 2014) tem os resultados apresentados na FIGURA 2 para a variável área. É possível observar todas as concentrações testadas de AIA e de Lm. A concentração de máxima eficiência (CME) para AIA foi de 9,30 ppm, que corresponde a 20,17% de acréscimo em relação a testemunha, enquanto o tratamento com Lm teve sua CME na concentração de 1,68 g L<sup>-1</sup>, com acréscimo de

33,78% em relação ao controle.

A CME de AIA (9,30 ppm) correspondente a 20,17% de acréscimo na área das raízes, se equivale em efeito, à aplicação de 0,70 g L<sup>-1</sup> de Lm. Isso indica que o comportamento biológico de 9,30 ppm de AIA se equivale a 0,70 g L<sup>-1</sup> de Lm aplicado. Concentrações superiores a CME ocasionaram um decréscimo na área das raízes (%), evidenciando que aplicações de AIA inibem o crescimento vegetal se usados em concentrações superiores às de máxima eficiência pela planta (TAIZ E ZEIGER, 2013), esse comportamento também foi observado para aplicações de Lm.

FIGURA 2 ÁREA DE RAÍZES DE *Vigna radiata* (%) EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES (0; 5; 10; 15; 20 e 20 ppm) DE ÁCIDO 3-INDOL ACÉTICO (AIA) E DAS CONCENTRAÇÕES (0; 0,75; 1,5; 2,25; e 3 g L<sup>-1</sup>) DE *Lithothamnium* sp. MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).



A área radicular de raízes (%) de Lm (0,7 g L<sup>-1</sup>) e AIA (9,30 ppm) tem comportamento similar, mostrando que o AH presente na alga tem efeito similar às aplicações do hormônio vegetal nessas concentrações.

### 4.3 EXPERIMENTO EM VASOS

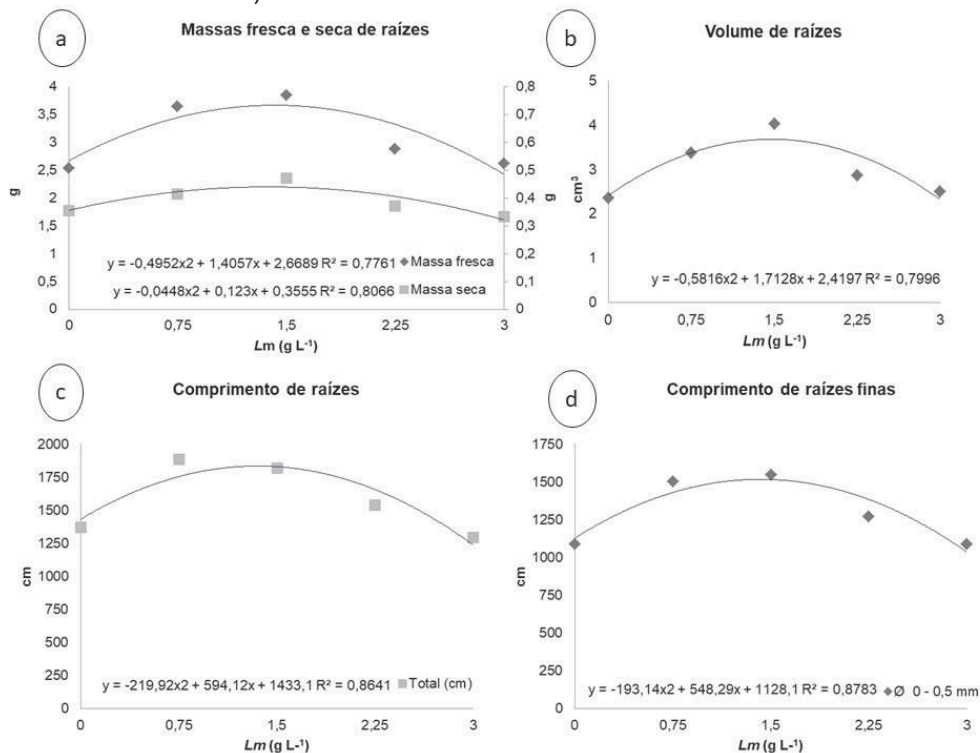
#### 4.3.1 Variáveis biométricas

As aplicações de *Lm* apresentaram efeito no crescimento vegetal, alterando os valores das variáveis biométricas. Foi verificado um comportamento quadrático em função do aumento das concentrações identificado pela análise de regressão, mostrando que a partir da concentração de máxima eficiência (CME) as concentrações aplicadas inibiram o crescimento.

A CME para a massa fresca (FIGURA 3a) foi de  $1,41 \text{ g L}^{-1}$ , que correspondeu a um aumento de 37% em relação ao controle. A CME para a massa seca de raízes (FIGURA 3a) foi de  $1,37 \text{ g L}^{-1}$ , um aumento de 23,8%. O volume das raízes (FIGURA 3b) apresentou CME de  $1,47 \text{ g L}^{-1}$ , superior ao controle em 52,72%. Raízes de pimentão submetidos à adubação com *Lithothamnium* sp. via irrigação por gotejamento também apresentaram aumento nas massas das raízes, em experimento realizado por Evangelista et al. (2016).

Observou-se que aplicações via foliar da alga micronizada promoveram maior crescimento das raízes (FIGURA 3c). A soma das raízes (cm) em todos os diâmetros teve sua CME em  $1,35 \text{ g L}^{-1}$ , que corresponde a um aumento de 28,0% em relação ao controle. Na estratificação dessas raízes verificou-se um crescimento significativo no diâmetro de 0 a 0,5 mm, consideradas as raízes mais finas, tendo sua CME em  $1,42 \text{ g L}^{-1}$ , com acréscimo de 34,5% quando comparado às raízes sem tratamento com *Lm*. A produção de raízes laterais mais finas é um efeito da utilização de SH e se relaciona ao seu efeito auxínico (ZANDONADI et al., 2007).

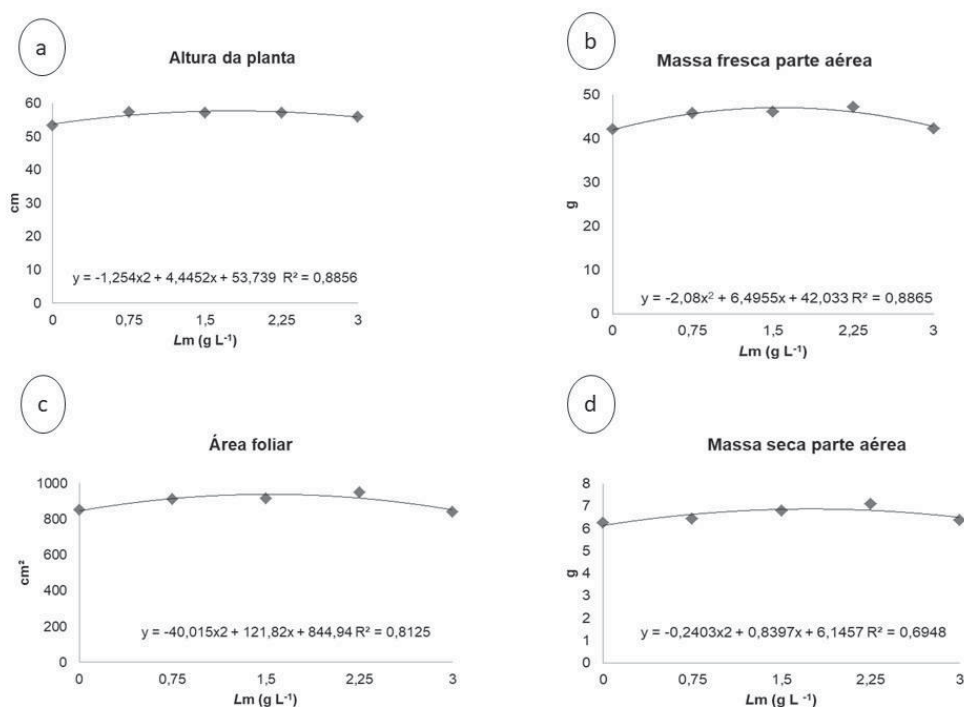
FIGURA 3 (a) MASSA FRESCA E SECA DAS RAÍZES (g); (b) VOLUME DE RAÍZES (cm<sup>3</sup>); (c) COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (cm) E (d) COMPRIMENTO DE RAÍZES (cm) NO DIÂMETRO DE 0 A 0,5 mm DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* sp. MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).



Esses resultados concordam com os resultados obtidos no bioensaio, mostrando que concentrações de Lm até a CME pode aumentar as raízes secundárias, ou seja, concentrações acima da CME inibem o crescimento das raízes, apresentando, comportamento similar à auxina.

Para a área foliar das plantas (FIGURA 4c) verificou-se um incremento de 10% na CME (1,77 g L<sup>-1</sup>), indicando que as aplicações promoveram a expansão do tecido vegetal. A massa fresca da parte aérea e a altura da planta tiveram um incremento de 7% nas suas respectivas CME (1,41 e 1,77 g L<sup>-1</sup>), como apresentado nas figuras 4b e 4<sup>a</sup>, enquanto a massa seca da parte aérea teve sua CME de 1,75 g L<sup>-1</sup>, com acréscimo de 11,9 % em relação ao controle (FIGURA 4d).

FIGURA 4 (a) ALTURA DE PLANTA AOS 80 DIAS (cm); (b) MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA (g); (c) ÁREA FOLIAR (cm<sup>2</sup>), E (d) MASSA SECA DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* sp. MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS).



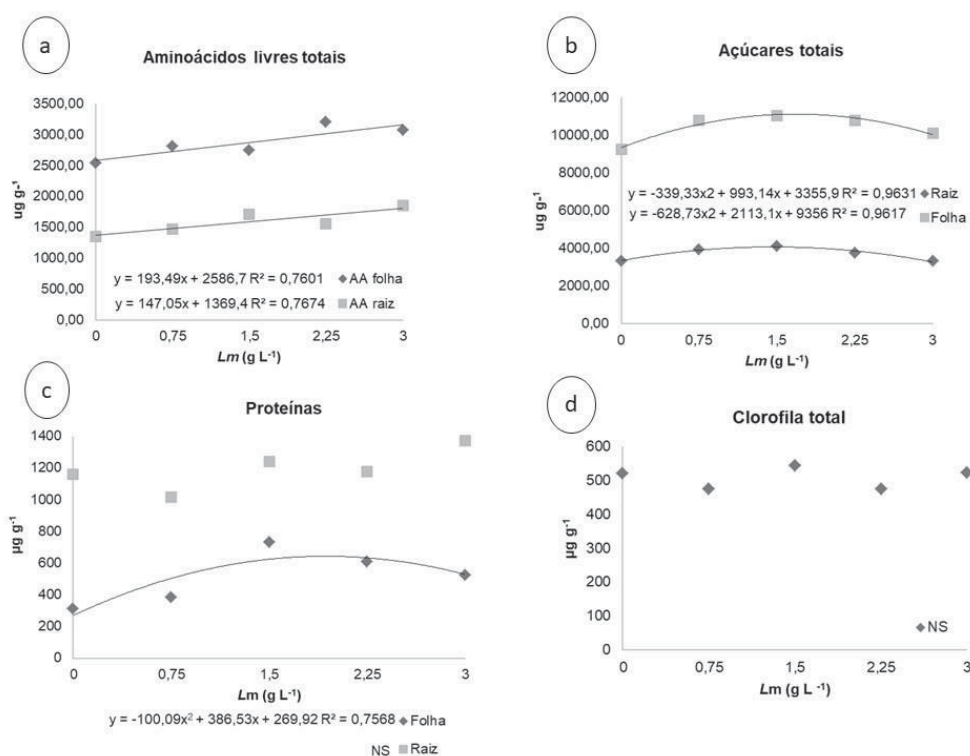
#### 4.3.2 Variáveis bioquímicas

Nas avaliações bioquímicas nos tecidos vegetais das plantas nos vasos, verificou-se comportamento linear quanto à concentração de aminoácidos livres totais (AA) (FIGURA 5a), ou seja, com o aumento da concentração de Lm aplicada via foliar, tanto as folhas quanto as raízes apresentaram aumentos nos teores de AA.

Os teores de açúcares totais apresentaram comportamento quadrático com acréscimo de 21,65% nas raízes em relação ao controle, e com acréscimo de 18,9% nas folhas (FIGURA 5b), mostrando que a aplicação promoveu o aumento de fotoassimilados nos tecidos vegetais até a CME (1,46 e 1,68 g L<sup>-1</sup>, respectivamente), e concentrações superiores às CME inibiram o acúmulo de fotoassimilados nos tecidos vegetais. Isso mostra uma translocação de açúcares das folhas para as raízes das plantas, uma relação da fonte para o dreno, onde produziu açúcares nas folhas das plantas e translocou esses fotoassimilados para as raízes.

O teor de proteínas nas folhas também apresentou comportamento quadrático (CME =  $1,93 \text{ g L}^{-1}$ ), sugerindo que a síntese proteica foi reduzida em relação à CME, em função do aumento da concentração de  $Lm$ , destacando que na máxima concentração testada ( $3,0 \text{ g L}^{-1}$ ), apesar do comportamento quadrático dessa variável, os teores de proteína foram ainda assim 95,89% superiores aos identificados no controle. Não houve diferença significativa no conteúdo de clorofila nas folhas de plantas de tomateiro (FIGURA 5d), tendo valores variando de 474,05 a  $544,06 \mu\text{g g}^{-1}$ .

FIGURA 5 (a) TEOR DE AMINOÁCIDOS LIVRES TOTAIS EM FOLHAS E RAÍZES, (b) TEOR DE AÇÚCARES TOTAIS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) EM FOLHAS E RAÍZES, TEORES DE PROTEÍNAS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) EM (c) FOLHAS E DE RAÍZES E (d) TEOR DE CLOROFILA TOTAL DE FOLHAS DE PLANTAS DE TOMATEIRO SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* sp. MICRONIZADO ( $Lm$ ) (ANÁLISES REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).



O teor de proteínas nas raízes (FIGURA 5d) não foi significativo, o que remete à “teoria do crescimento ácido”, no qual o processo do crescimento vegetal a presença de auxina estimula a produção de proteases, que por sua vez quebram as enzimas em muitos aminoácidos e peptídeos, tornando o potencial hídrico mais negativo, promovendo a entrada de água nas células e consequentemente a distensão celular (TAIZ; ZEIGER 2013). Essa estimulação de  $\text{H}^+$ -ATPase induzida



pode representar mecanismo pelo qual a raiz, aumentando o gradiente eletroquímico  $H^+$  e induzindo a abertura de canais de ânions permeáveis a citrato, liberam os grupos semelhantes à auxina do AH, que dessa forma, ativaria  $H^+$ -ATPase em regiões específicas das raízes e influenciaria na sua distribuição (CANELLAS et al., 2008), concordando com os dados já demonstrados nesse trabalho, em que ocorreu um aumento nas raízes mais finas de tomateiro (FIGURA 3c) e no seu volume (FIGURA 3b), assim como aumento linear de aminoácidos nas raízes e nas folhas (FIGURA 5a).

#### 4.4 EXPERIMENTO EM CULTIVO PROTEGIDO

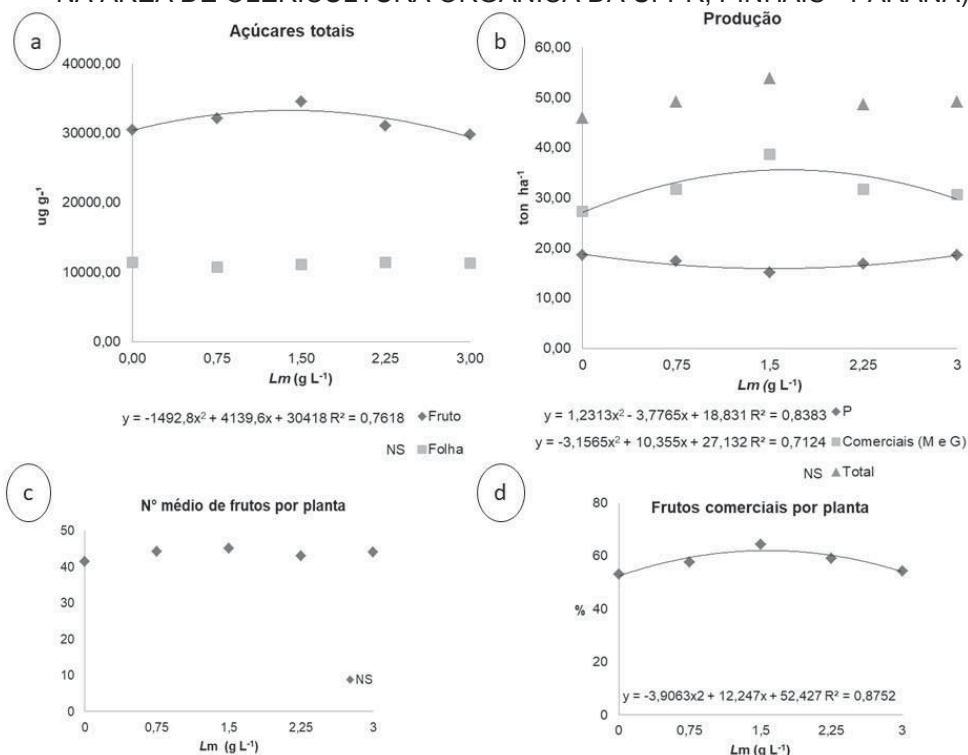
##### 4.4.1 Produtividade e alterações bioquímicas

Observou-se que na fase produtiva o conteúdo de açúcares nas folhas não apresentou diferenças significativas, enquanto os frutos apresentaram comportamento quadrático ( $CME = 1,38$ , correspondente a um incremento de 9,4 %), mostrando que ocorreu translocação de fotoassimilados das folhas (fonte) para os frutos (FIGURA 6a), causando incremento na produtividade de frutos comerciais devido ao aumento do diâmetro dos frutos (FIGURA 6b), devido a translocação dos fotoassimilados da fonte para o dreno.

O número médio de frutos produzidos pelas plantas não apresentou diferenças significativas em função dos tratamentos (FIGURA 6c), no entanto, foi observado aumento na produtividade de frutos comerciais, sendo a CME de  $1,64 \text{ g L}^{-1}$  (FIGURA 6b) correspondente a  $35,62 \text{ ton ha}^{-1}$ , com um incremento na produção de tomates de 31,3% em relação ao tratamento controle, com  $27,13 \text{ ton ha}^{-1}$ , indicando que as aplicações de *Lm* promoveram aumento no diâmetro e na massa dos frutos, apresentando maior porcentagem de frutos comerciais nas plantas tratadas (FIGURA 6d), também a CME para maior porcentagem (%) de frutos comerciais, ou seja, frutos de calibre médio e grande foi de  $1,56 \text{ g L}^{-1}$ , que corresponde a um aumento de 18,3%. Esse resultado concorda com os resultados obtidos por Yildirim (2007), que observou aumento no diâmetro e comprimento nos frutos de tomate tratados com SH, característica importante na comercialização de frutos de tomateiro.

Os frutos pequenos, não comerciais, apresentaram comportamento quadrático inverso aos apresentados até aqui, como esperado, já que o aumento nos frutos comerciais implica na redução de frutos não comerciais. A concentração de  $1,53 \text{ g L}^{-1}$  promoveu um decréscimo de 11,1% em relação ao controle.

FIGURA 6 (a) CONTEÚDO DE AÇÚCARES TOTAIS EM FRUTOS E FOLHAS, (b) PRODUÇÃO DE TOMATE ( $\text{ton ha}^{-1}$ ), (c) NÚMERO MÉDIO DE FRUTOS POR PLANTA E (d) PORCENTAGEM DE FRUTOS COMERCIAIS POR PLANTAS (FRUTOS MÉDIOS E GRANDES) DE PLANTAS SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* sp. MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS - PARANÁ).



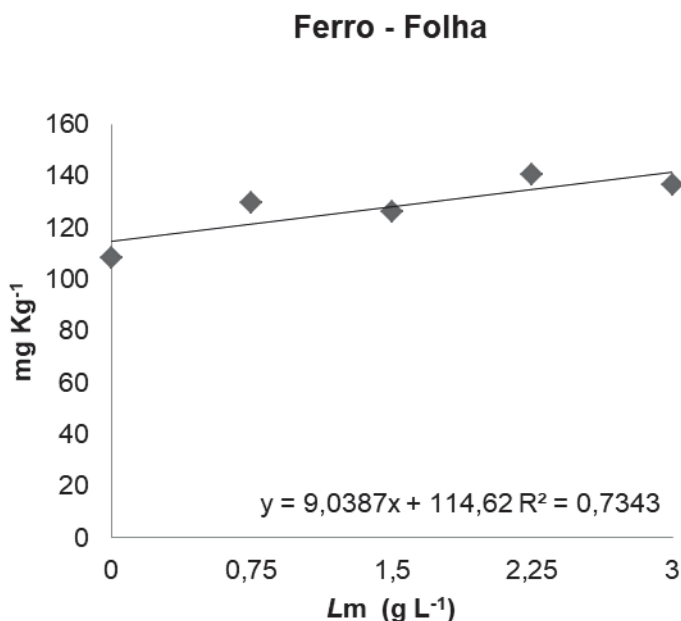
#### 4.4.2 Teor, conteúdo e partição de nutrientes na parte aérea

Os teores de Ferro (Fe) no tecido foliar variaram em números absolutos de 108,22 a 140,38  $\text{mg Kg}^{-1}$ . Observou-se um comportamento linear em função dos tratamentos (FIGURA 7), onde em cada concentração aplicada obteve-se um incremento de 5,9% quando comparadas ao controle, indicando que ocorreu translocação de ferro na planta, que pode ser atribuído à presença de substâncias húmicas (LIMA et al., 2011) identificadas em Lm.

A aplicação de um produto comercial contendo SH estimulou o crescimento vegetal de tomate em trabalho conduzido por Abdel-Mawgoud et al. (2007), que associaram ao efeito direto de ácido húmico no transporte de nutrientes.

Substâncias húmicas são carreadoras de Fe na planta e nesse experimento evidenciou-se essa translocação do ferro dentro da planta, em função da aplicação foliar de Lm.

FIGURA 7 CONCENTRAÇÕES DE Fe ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) EM FOLHAS DE TOMATEIRO APÓS APLICAÇÃO DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES ( $\text{g L}^{-1}$ ) DE *Lithothamnium* sp. MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).



Os teores de nutrientes nas folhas e nos frutos de tomate dos demais nutrientes não diferiram do controle. O acúmulo médio de nutrientes em  $\text{g Kg}^{-1}$  nas folhas de plantas de tomate tiveram a sequência  $\text{K} > \text{Ca} > \text{N} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$  (em ordem decrescente), enquanto o acúmulo de nutrientes nos frutos apresentou a sequência  $\text{K} > \text{N} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu}$ , conforme TABELA 2.

TABELA 2. VALORES MÉDIOS DAS CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES MINERAIS EM FOLHAS E FRUTOS DE TOMATEIRO. (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

Ty	(g $\text{Kg}^{-1}$ MS)					(mg $\text{Kg}^{-1}$ MS)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
Folha	14,37	0,76	26,99	15,43	7,12	128,18	18,64	27,8	2,23
Fruto	25,02	2,46	40,29	0,71	1,49	32,9	14,03	9,14	7,89

NOTA: MS = massa seca de material vegetal

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no experimento em vasos e em cultivo protegido foi possível averiguar o potencial biofertilizante de *Lithothamnium* sp. no cultivo de tomateiro em sistema orgânico. As aplicações da alga *Lithothamnium* micronizada promoveram alterações no tamanho dos frutos, incrementando na produção, aumento na concentração de aminoácidos livres nas folhas e nas raízes, e açúcares nas raízes e frutos.

O crescimento vegetal das plantas de tomateiro, em função da aplicação da alga *Lithothamnium* micronizada, pode ser atribuído à presença de ácido húmico no extrato dessa alga calcária e ao comportamento auxínico dessas substâncias. Diante disso, a sua utilização na concentração de 1,64 g L<sup>-1</sup> é indicada para maior produção de frutos comercializáveis, ao apresentar efeito biofertilizante no cultivo do tomateiro em sistema orgânico.

## REFERÊNCIAS

ABDEL-MAWGOUD A. M. R.; EL-GREADLY N. H. M.; HELMY Y. I.; SINGER S. M. Responses of tomato plants to different rates of humic-based fertilizer and NPK fertilization. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 3, p.169-174, 2007.

ALI N., FARRELL A., RAMSUBHAG A., JAYARAMAN J. The effect of *Ascophyllum nodosum* extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, p. 1353–1362, 2016.

ARAÚJO P. O. L. C., GONÇALVES F. C., RAMOS J. D., CHALFUN N. N, J., e CARVALHO G. J. DE. Crescimento e percentual de emergência de plântulas de citrumeleiro 'Swingle' em função dos substratos e das doses de corretivo à base de Lithothamnium, após cem dias da semeadura. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 982-988. 2007.

ARIOLI T.; MATTNER S. W.; WINBERG P. C. Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: past, present and future **Journal of Applied Phycology**, v. 27, p. 2007–2015, 2015.

BALDOTTO M. A. L. E BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, v. 61, p. 856-881, 2014.

BOITEUX L. S. ; MELO P. C. T. ; VILELA J. V.. Tomate para Consumo *in natura*. In: ALBUQUERQUE ACS; SILVA AG (eds). **Agricultura Tropical: Quatro Décadas de Inovações Tecnológicas, Institucionais e Políticas**, v. 1, p. 557-567. 2008.

BRADFORD, M. M.. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254. 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria nº 553, de 15 de Setembro de 1995. Norma de identidade, qualidade, acondicionamento, embalagem e apresentação do tomate. 1920192566 **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, set 1995. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1920192566> Acesso em: 17 janeiro de 2018

BRASIL. Decreto 4.954 de 14 de janeiro de 2004. Dispõe sobre a Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, jan. 2004. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm). Acesso em: 14 de janeiro de 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 5, de 23 de fevereiro de 2007. Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes minerais, destinados à agricultura. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, mar. 2007. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recupera rTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229260>. Acesso em: 18 de março de 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 46, de 6 de outubro de 2011. Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, out. 2011. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/produtos-fitossanitarios/IN46.2011alteradapelaIN17.2014epelaIN35.2017.pdf>. Acesso em: 14 de janeiro de 2018.

BRIGHENTI C. R. G., REIS E. L., E REIS C. Características físico-químicas de ácidos húmicos em diferentes etapas da vermicompostagem. **Eclética Química**, v. 35, n.3, p. 69-82. 2010.

CANELLAS L. P., OLIVARES F. L., OKOROKOVA-F. A. L., FACANHA A. R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activity in maize roots. **Plant Physiology**, v. 130, p.1951–1957. 2002.

CANELLAS L. P.; ESPINDOLA J. A. A.; REZENDE C. E.; CAMARGO P. B.; ZANDONADI D. B.; RUMJANEK V. M.; GUERRA J. G. M.; TEIXEIRA G. M.; BRAZ-FILHO R. Organic matter quality in a soil cultivated with perennial herbaceous legumes. **Scientia Agricola**, v. 61: 53-61. 2004.

CANELLAS, L. P.; TEIXEIRA J. L. R. L.; DOBBSS, L. B.; SILVA, C. A.; MÉDICI, L. O.; ZANDONADI, D. B. E FAÇANHA, A. R. Humic acids crossinteractions with root and organic acids. **Annals of Applied Biology**, v. 153, p. 157-166, 2008.

CANELLAS L. P. E OLIVARES F. L. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 3, p. 2-11, 2014.

CAVALCANTI V. M. M. **Plataforma Continental: a última fronteira da mineração brasileira**, v. 1. 96p., 2011.

CHANG, R. R.; MYLOTTE, R.; HAYES, M. H. B.; MCIERNEY, R.; TZOU, Y. M. A comparison of compositional differences between humic fractions isolated by the IHSS and exhaustive extraction procedures. **Naturwissenschaften**, v.101, p. 197-209, 2014.

CEAGESP (Companhia De Entrepósitos E Armazéns Gerais De São Paulo). Centro de Qualidade em Horticultura. **Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura: Normas de classificação de tomates**. São Paulo, 3 p. (CQH Doc. 26). 2003. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/tomate.pdf> Acesso em: 01 de agosto de 2016.

DAUR I.; BAKHASHWAIN A. A. Effect of humic acid on growth and quality of maize fodder production. **Pakistan Journal of Botany**, v. 45, n. 1, p. 21-25. 2013.

DIAS, G. T. M. Granulados bioclásticos: algas calcárias. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 18, n. 3, p. 307-318, 2001.

DU, C. X.; FAN, H. F.; GUO, S.R., and TEZUKA, T. Applying spermidine for differential responses of antioxidant enzymes in cucumber subjected to short-term salinity. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 135, p. 8–24. 2010

EVANGELISTA AWP, SÁ ARM, ALVES J, JOSÉ C, DERBLAI L, WILSON M, & SOUZA JLM DE. Irrigation and lithothamnium fertilization in bell pepper cultivated in organic system. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 9, p. 830-835. 2016.

FAOSTAT. **Production crops**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 21 de janeiro de 2018.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª edição - Viçosa, MG: Editora UFV, 2008.

HAFLE, O. M.; SANTOS, V. A. D.; RAMOS, J. D., CRUZ, M. D. C.; MONTEIRO D, E MELO, P. C. DE. . Produção de mudas de mamoeiro utilizando Bokashi e Lithothamnium. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 1, p. 245-251. 2009.

HERNANDEZ-HERRERA R. A., SANTACRUZ-RUVALCABA F., RUIZ-LOPEZ M. A., NORRIE J., HERNÁNDEZ-CARMONA G. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of Applied Phycology**, v. 26, p. 619–628. 2014.

JAVANSHAH A. e SAIDI A. Determination of Humic Acid by Spectrophotometric Analysis in the Soils. **International Journal of Advanced Biotechnology and Research**, v. 7, Special Issue, p. 19-23. 2016.

KANG, Y. J. et al. Genome sequence of mungbean and insights into evolution within *Vigna* species. **Nature Communications**, n. 5, p. 1-9. 2014.

KASEKER J. F., BASTOS M. C., CONSALTER R. L., E MÓGOR Á. F. Alteração do crescimento e dos teores de nutrientes com utilização de fertilizante organomineral em cenoura. **Revista Ceres**, v. 61, n. 6, p. 964-969. 2014.

LIMA A. A. ; ALVARENGA M. A. R.; RODRIGUES L.; CARVALHO J. G. Leaf nutrient content and yield of tomato grown in different substrates and doses of humic acids. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 63-69. 2011.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v.148, p.350-382, 1987.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV–VIS spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, p. F4.3.1–F4.3.8. 2001.



MAGNÉ, C.; LARHER, F. High sugar content interferes with colorimetric determination of amino acids and free proline. **Analytical Biochemistry**, v. 200, p. 115–118. 1992.

MALDONADE, I. R.; CARVAHO, P. G. B.; FERREIRA, N. A. Protocolo para a Determinação de Açúcares Totais em Hortalças pelo Método de DNS . **Comunicado Técnico, 85, EMBRAPA**, p. 1-4. 2013.

MARTINS B. H., ARAUJO-JUNIOR C. F., MIYAZAWA M., e VIEIRA K. M. Humic substances and its distribution in coffee crop under cover crops and weed control methods. **Scientia Agricola**, v. 73, n. 4, p. 371-378. 2016.

MELO, P.C.; FURTINI NETO, A.E. Avaliação do *Lithothamnium* como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para o feijoeiro. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 03, p. 508-519. 2003.

MELO T. V., FERREIRA R. A., OLIVEIRA V. C., CARNEIRO J. B. A., MOURA A. M. A., SILVA C. S., HURTADO NERY V. L. Calidad del huevo de codornices utilizando harina de algas marinas y fosfato monoamónico. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, n. 219, p.313-319. 2008.

MENDONÇA, V.; ORBES, M. Y.; ARRUDA, N. A. A.; RAMOS, J. D.; TEIXEIRA, G. A.; SOUZA, H. A. Qualidade de mudas de maracujazeiro-amarelo formadas em substratos com diferentes níveis de *Lithothamnium*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 900-906. 2006.

MÓGOR, A. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; MÓGOR, G. Aplicação foliar de extrato de alga, ácido L-glutâmico e cálcio em feijoeiro. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 4, p.431-437. 2008.

MÓGOR, A. M. Interfaces entre legislação, pesquisa científica e mercado de bioestimulantes. **Anais do I Simpósio Latino-americano sobre Bioestimulantes na Agricultura**, v. 01, p. 24-27. 2017. Disponível em: <http://www.bioestimulantes.ufsc.br/files/2017/11/Anais-I-Simp%C3%B3sio-Latino-Americano-sobre-Bioestimulantes-na-Agricultura-SLABA-2017.pdf>. Acesso em: 29 de março de 2018.

MORAES J. e AZEVEDO P. Biostimulants: identification of regulatory challenges and proposals to make this agri-input viable in Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 1148, p. 101-104. 2016.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; SCHIAVON, M.; ERTANI A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. **Scientia Agricola**, v. 73, p. 18-23, 2016.

NORRIE J. Advances in the use of *Ascophyllum nodosum* seaplant extracts for crop production. **Laboratory and Field Research**. Acadian Seaplants Ltd., Dartmouth, Nova Scotia, Canada. 2008. Disponível em: [www.fluidfertilizer.com](http://www.fluidfertilizer.com). Acesso em: 05 de outubro de 2017.

PERVEEN, R.; SULERIA, H. A. R.; ANJUM, F. M.; BUTT, M. S.; PASHA, I. e. AHMAD, S. Tomato (*Solanum lycopersicum*) Carotenoids and Lycopenes Chemistry; Metabolism, Absorption, Nutrition, and Allied Health Claims-A **Comprehensive Review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, n. 7, p. 919-929. 2015.

POMPELLI, M. P.; FRANÇA, S. C.; TIGRE, R. C.; OLIVEIRA, M. T.; SACILOT, M.; PEREIRA, E. C. Spectrophotometric determinations of chloroplastidic pigments in acetone, ethanol and dimethylsulphoxide. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 11, n.1, p. 52-58, 2013.

ROSE M. T.; PATTI, A. F.; LITTLE, K. R.; BROWN, A. L. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. **Advances in Agronomy**, v. 124, p. 37-89. 2014

SAAB, S. C. E MARTIN-NETO L. Anéis aromáticos condensados e relação E4/E6: Estudo de ácidos húmicos de gleissolos por RMN de  $^{13}\text{C}$  no estado sólido utilizando a técnica CP/MAS desacoplamento defasado. **Química Nova**, v. 30, p. 260-263. 2007.

SCAGLIA, B.; NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O.; TAMBONE, F.; ADANI, F. Investigating organic molecules responsible of auxin-like activity of humic acid fraction extracted from vermicompost. **Science of the Total Environment**, v. 562, p. 289–295. 2016.

SCHIAVON, M.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VACCARO, S.; FRANCIOSO, O.; NARDI, S. High molecular size humic substances enhance phenylpropanoid metabolism in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, n. 6, p. 662-669. 2010.

SEMINIS. **Seminis Vegetable Seeds**. Disponível em: <http://www.seminis.com.br/>. Acesso em: 09 de janeiro de 2018

SILVA, F. A. S. E AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740. 2016.

SILVA, A. C.; CANELLAS L. P.; OLIVARES F. L.; DOBBSS L. B.; AGUIAR NO; F. D.; EDUARDO C. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1609-1617. 2011.

SOUZA, H. A.; MENDONÇA, V.; RAMOS, J. D.; FERREIRA, E. A.; ALENCAR, R. D. Doses de lithothamnium e diferentes substratos na produção de mudas de maracujazeiro 'doce'. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 20, n. 4, p. 24-30. 2007.

SOUZA, H. A.; RAMOS, J. D.; MELO, P. C.; HAFLE, O. M.; RODRIGUES, H. C. A.; SANTOS, V. A. Evaluation of doses and acidity corrector products in biometrics characteristics in production of passion fruit seed lings. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 607-612. 2009.

STADNIK, M. J.; ASTOLFI, P., FREITAS, M. B. DE. Bioestimulantes: uma perspectiva global e desafios para a América latina. **Anais do I Simpósio Latino-americano sobre Bioestimulantes na Agricultura**, v. 01, p. 18-23. 2017. Disponível em: <http://www.bioestimulantes.ufsc.br/files/2017/11/Anais-I-Simp%C3%B3sio-Latino-Americano-sobre-Bioestimulantes-na-Agricultura-SLABA-2017.pdf>. Acesso em: 29 de março de 2018.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York. 443 p. 1982.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 5ª ed., 2013, 620p.

TRIPEPI, R.R.; GEORGE, M. W. Identification of bacteria infecting seedlings of mung bean used in rooting bioassays. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 116, p. 80–84. 1991.

VASCONCELOS, B. M. F.; GONÇALVES, A. A. Macroalgas e seus usos: alternativas para as indústrias brasileiras. **Revista Verde**, v. 8, n. 5, p. 125-140. 2013.

WINTERS, A. L.; LLOYD, J. D.; JONES, R.; MERRY, R. J. Evaluation of a rapid method for estimating free amino acids in silages. **Animal feed science and technology**, v.99, n.1, p.177-187. 2002.

YILDIRIM, E. Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. **Acta Agriculturae Scandinavica, section B - Soil Plant Science**, v. 57, p. 182-186. 2007.

ZANDONADI, D. B.; CANELLAS, L. P. E FAÇANHA, A. R. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H<sup>+</sup> pumps activation. **Planta**, v. 225, n.6, p. 1583-1595. 2007.

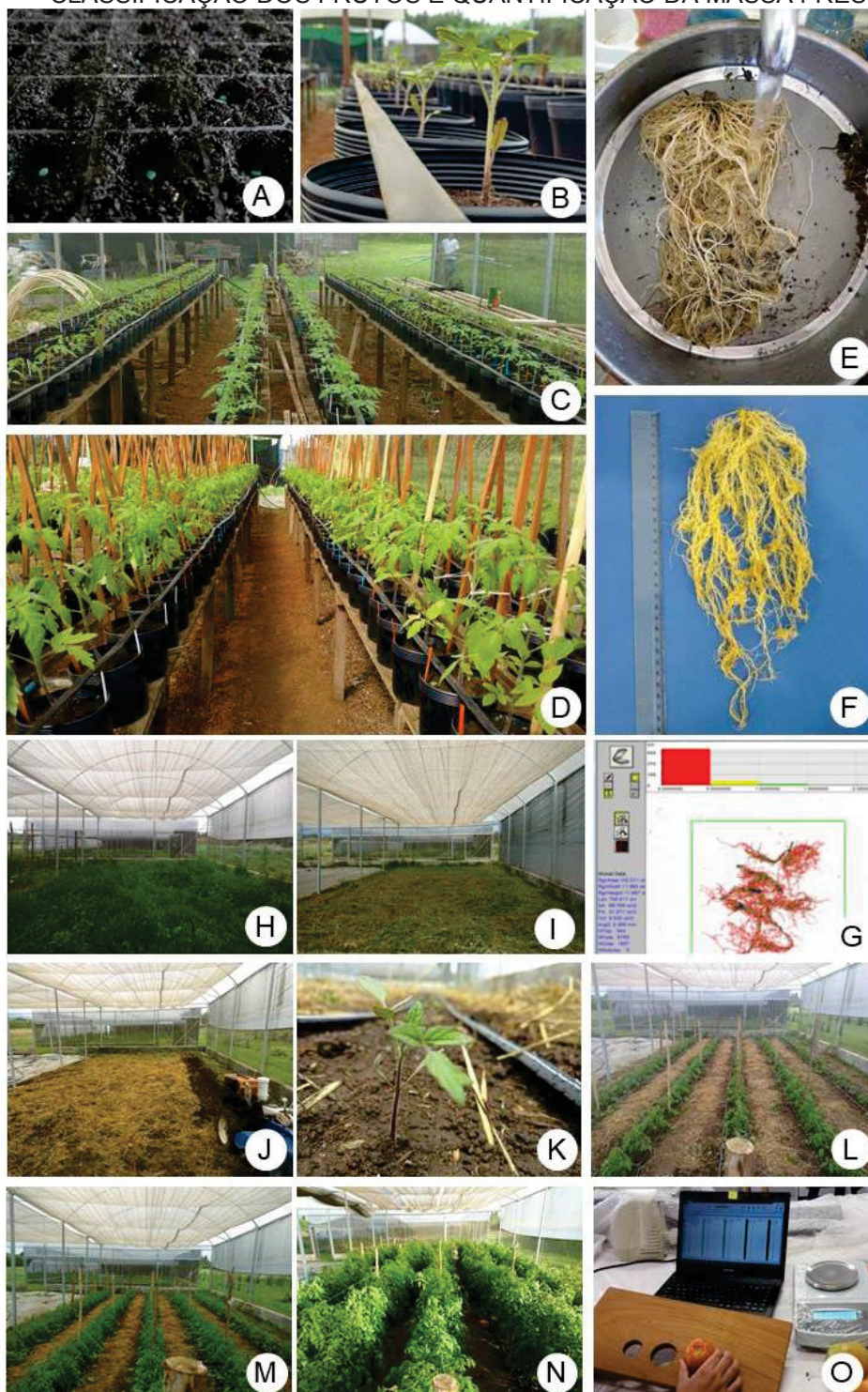
ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 14-20. 2014.

WINTERS, A. L.; LLOYD, J. D.; JONES, R.; MERRY, R. J. Evaluation of a rapid method for estimating free amino acids in silages. **Animal feed science and technology**, v.99, n.1, p. 177-187. 2002.



## APÊNDICES

APÊNDICE 1 FOTOGRAFIAS DOS PROCESSOS DOS EXPERIMENTOS CONDUZIDOS EM VASO E EM ESTUFA AGRÍCOLA. (A) SEMEADURA EM BANDEJAS; (B) TRANSPLANTIO DAS MUDAS; (C E D) TUTORAMENTO DAS PLANTAS; (E, F) PROCESSO DE LAVAGEM DAS RAÍZES DAS PLANTAS; (G) RAÍZES NO WinRHIZO®; (H, I, J) PROCESSO DE PREPARO DO SOLO. (K, L, M, N): TRANSPLANTIO DE MUDAS E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO, (O) CLASSIFICAÇÃO DOS FRUTOS E QUANTIFICAÇÃO DA MASSA FRESCA.



APÊNDICE 2 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA MASSA FRESCA DAS RAÍZES DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	0,1398	0,1398	1,4549 ns
Regressão quadrática	1	4,2990	4,2990	44,7459 **
Regressão cúbica	1	1,0183	1,0183	10,5991 **
Regressão 4º grau	1	0,2676	0,2676	2,7848 ns
Tratamentos	4	5,7246	1,4312	14,8962
Resíduo	15	1,4411	0,0961	
Total	19	7,1658		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 3 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA MASSA SECA DAS RAÍZES (g) DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	0,0029	0,0029	1,0817 ns
Regressão quadrática	1	0,0355	0,0355	13,2564 **
Regressão cúbica	1	0,0016	0,0016	0,5790 ns
Regressão 4º grau	1	0,0076	0,0076	2,8526 ns
Tratamentos	4	0,0476	0,0119	4,4424
Resíduo	15	0,0402	0,0027	
Total	19	0,0878		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 4 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VOLUME DE RAÍZES (cm³) DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	0,2401	0,0240	0,3376 ns
Regressão quadrática	1	600,6350	6,0064	84,4494 **
Regressão cúbica	1	0,5694	0,5694	8,0060 *
Regressão 4º grau	1	0,9644	0,9644	13,5592 **
Tratamentos	4	7,5642	1,8910	26,5881 --
Resíduo	15	1,0669	0,0711	
Total	19	8,6310		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 5 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA COMPRIMENTO TOTAL DE RAÍZES (cm) DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	96959,8641	96959,8641	1,1069 ns
Regressão quadrática	1	856977,7684	856977,7684	9,7835 **
Regressão cúbica	1	149420,4308	149420,4308	1,7058 ns
Regressão 4º grau	1	595,3568	595,3568	0,0068 ns
Tratamentos	4	1103953,4201	275988,3550	3,1508 --
Resíduo	15	1313910,6236	87594,0416	
Total	19	2417864,0437		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 6 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA COMPRIMENTO DE RAÍZES (cm) NO DIÂMETRO DE 0 A 0,5 mm DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	21782,2891	21782,2891	0,3978 ns
Regressão quadrática	1	660954,8960	660954,8960	12,0698 **
Regressão cúbica	1	87189,8400	87189,8400	1,5922 ns
Regressão 4º grau	1	7420,7390	7420,7390	0,1355 ns
Tratamentos	4	777347,7642	194336,9411	3,5488 --
Resíduo	15	821416,4523	54761,0968	
Total	19	1598764,2165		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 7 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ALTURA DE PLANTA AOS 80 DIAS (cm) DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	10,5063	10,5063	3,9584 ns
Regressão quadrática	1	27,8616	27,8616	10,4973 **
Regressão cúbica	1	3,3063	3,3063	1,2457 ns
Regressão 4º grau	1	1,6509	1,6509	0,6220 ns
Tratamentos	4	43,3250	10,8313	4,0808 --
Resíduo	15	39,8125	2,6542	
Total	19	83,1375		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 8 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA MASSA FRESCA DA PARTE AÉREA (g) DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	1,8716	1,8716	0,2902 ns
Regressão quadrática	1	78,9866	78,9866	12,2455 **
Regressão cúbica	1	12,1882	12,1882	1,8896 ns
Regressão 4º grau	1	14,4577	14,4577	2,2414 ns
Tratamentos	4	107,5040	26,8760	4,1667 --
Resíduo	15	96,7536	6,4502	
Total	19	204,2576		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 9 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA MASSA SECA DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	0,3183	0,3183	2,0616 ns
Regressão quadrática	1	1,0229	1,0229	6,6244 *
Regressão cúbica	1	0,5708	0,5708	3,6968 ns
Regressão 4º grau	1	0,0183	0,0183	0,1183 ns
Tratamentos	4	1,9303	0,4826	3,1253 --
Resíduo	15	2,3161	0,1544	
Total	19	4,2464		

NOTA: \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 10 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁREA FOLIAR (cm²) DE PLANTAS DE TOMATE SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	71,1676	71,1676	0,0307 ns
Regressão quadrática	1	28374,1927	28374,1927	12,2348 **
Regressão cúbica	1	2864,7086	2864,7086	1,2352 ns
Regressão 4º grau	1	3698,3873	3698,3873	1,5947 ns
Tratamentos	4	35008,4561	8752,1140	3,7739 --
Resíduo	15	34787,0233	2319,1349	
Total	19	69795,4793		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.



APÊNDICE 11 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEOR DE AMINOÁCIDOS LIVRES TOTAIS EM FOLHAS DE PLANTAS DE TOMATEIRO SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	842367,3253	842367,3253	13,1208 **
Regressão quadrática	1	23678,2534	23678,2534	0,3688 ns
Regressão cúbica	1	26886,0916	26886,0916	0,4188 ns
Regressão 4º grau	1	215301,9316	215301,9316	3,3536 ns
Tratamentos	4	1108233,6019	277058,4005	4,3155 --
Resíduo	15	963016,9234	64201,1282	
Total	19	2071250,5252		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 12 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEOR DE AMINOÁCIDOS LIVRES TOTAIS EM RAÍZES DE PLANTAS DE TOMATEIRO SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	486535,9532	486535,9532	13,6484 **
Regressão quadrática	1	403,3623	403,3623	0,0113 ns
Regressão cúbica	1	43398,1866	43398,1866	1,2174 ns
Regressão 4º grau	1	103699,7580	103699,7580	2,9090 ns
Tratamentos	4	634037,2600	158509,3150	4,4465 --
Resíduo	15	534718,8350	35647,9223	
Total	19	1168756,0950		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 13 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEOR DE AÇÚCARES TOTAIS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) DE RAÍZES DE PLANTAS DE TOMATEIRO SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (ANÁLISES REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR)

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	13876,5190	13876,5190	0,2305 ns
Regressão quadrática	1	2040181,9448	2040181,9448	33,8834 **
Regressão cúbica	1	58140,0913	58140,0913	0,9656 ns
Regressão 4º grau	1	20667,4203	20667,4203	0,3432 ns
Tratamentos	4	2132865,9754	533216,4938	8,8557 --
Resíduo	15	903178,7466	60211,9164	
Total	19	3036044,7220		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 14 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEOR DE AÇÚCARES TOTAIS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) DE FOLHAS DE PLANTAS DE TOMATEIRO SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (ANÁLISES REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES – UFPR)

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	1158213,7789	1158213,7789	2,0744 ns
Regressão quadrática	1	7004281,5686	7004281,5686	12,5447 **
Regressão cúbica	1	303635,6783	303635,6783	0,5438 ns
Regressão 4º grau	1	21700,5747	21700,5747	0,0389 ns
Tratamentos	4	8487831,6004	2121957,9001	3,8004 --
Resíduo	15	8375169,8315	558344,6554	
Total	19	1686300143186,0000		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 15 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEORES DE PROTEÍNAS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) DE FOLHAS DE PLANTAS DE TOMATEIRO SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm), AOS 80 DIAS. (ANÁLISES REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES – UFPR)

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	167.377	167.377	4,8043 *
Regressão quadrática	1	177.521	177.521	5,0955 *
Regressão cúbica	1	21.941	21.941	0,6298 ns
Regressão 4º grau	1	88.866	88.866	2,5508 ns
Tratamentos	4	455.705	113.926	3,2701 --
Resíduo	15	522.582	34.839	
Total	19	978.287		

NOTA: \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 16 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEORES DE PROTEÍNAS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) DE FOLHAS DE PLANTAS DE TOMATEIRO CULTIVADAS EM ESTUFA AGRÍCOLA SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	60127,0000	60127,0000	0.1510 ns
Regressão quadrática	1	599718,0000	599718,0000	1.5059 ns
Regressão cúbica	1	6224,0000	6224,0000	0.0156 ns
Regressão 4º grau	1	526458,0000	526458,0000	1.3219 ns
Tratamentos	4	119252666031,0000	29813166508,0000	0.7486
Resíduo	15	5973651.81681	398243.45445	
Total	19	7166178.47713		

NOTA: ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 17 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA TEORES DE PROTEÍNAS ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) DE FRUTOS DE TOMATEIRO CULTIVADAS EM ESTUFA AGRÍCOLA SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (ANÁLISES REALIZADAS NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES – UFPR)

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	559,2348	559,2348	9,8227 **
Regressão quadrática	1	0,8860	0,8860	0,0156 ns
Regressão cúbica	1	146,6813	146,6813	2,5764 ns
Regressão 4º grau	1	223,0250	223,0250	3,9173 ns
Tratamentos	4	929,8272	232,4568	4,0830 --
Resíduo	15	853,9956	56,9330	
Total	19	1783,8227		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 18 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PRODUÇÃO DE TOMATE (ton/ha) DE PLANTAS SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	17,7052	17,7052	0,7417 ns
Regressão quadrática	1	176,5537	176,5537	7,3963 *
Regressão cúbica	1	4,2463	4,2463	0,1779 ns
Regressão 4º grau	1	74,2866	74,2866	3,1121 ns
Tratamentos	4	272,7918	6819795,0000	2,8570 --
Resíduo	15	358,0564	2387042,0000	
Total	19	630,8482		

NOTA: \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 19 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O CONTEUDO DE AÇÚCARES EM FRUTOS DE PLANTAS SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	2582403,0610	2582403,0610	0,3310 ns
Regressão quadrática	1	39485229,8941	39485229,8941	5,0607 *
Regressão cúbica	1	844161,0648	844161,0648	0,1082 ns
Regressão 4º grau	1	12311751,2421	12311751,2421	1,5780 ns
Tratamentos	4	55223545,2620	13805886,3155	1,7695 --
Resíduo	15	117034990,8971	7802332,7265	
Total	19	172258536,1592		

NOTA: \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 20 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PRODUÇÃO TOTAL DE FRUTOS TOMATEIROS (ton ha<sup>-1</sup>) SUBMETIDOS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	1456483,0000	1456483,0000	0.7833 ns
Regressão quadrática	1	6567778,0000	6567778,0000	3.5321 ns
Regressão cúbica	1	796798,0000	796798,0000	0.4285 ns
Regressão 4º grau	1	4182252,0000	4182252,0000	2.2492 ns
Tratamentos	4	13003311,0000	3250828,0000	1.7483 --
Resíduo	15	27891667,0000	1859444,0000	
Total	19	40894979,0000		

NOTA: ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 21 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A PORCENTAGEM DE FRUTOS COMERCIAIS POR PLANTAS (FRUTOS MÉDIOS E GRANDES) DE PLANTAS SUBMETIDAS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NA ÁREA DE OLERICULTURA ORGÂNICA DA UFPR, PINHAIS - PARANÁ)

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	17,7052	17,7052	0,7417 ns
Regressão quadrática	1	176,5537	176,5537	7,3963 *
Regressão cúbica	1	4,2463	4,2463	0,1779 ns
Regressão 4º grau	1	74,2866	74,2866	3,1121 ns
Tratamentos	4	272,7918	68,1980	2,8570 --
Resíduo	15	358,0564	23,8704	
Total	19	630,8482		

NOTA: \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 22 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CONCENTRAÇÕES DE Fe (mg Kg<sup>-1</sup>) EM FOLHAS DE TOMATEIRO SUBMETIDOS À APLICAÇÕES VIA FOLIAR DE SOLUÇÃO CONTENDO *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	1839,3300	1839,3300	35,3775 **
Regressão quadrática	1	297,4040	297,4040	5,7202 *
Regressão cúbica	1	18,3073	18,3073	0,3521 ns
Regressão 4º grau	1	349,5118	349,5118	6,7225 *
Tratamentos	4	2504,5531	626,1383	12,0431 --
Resíduo	15	779,8730	51,9915	
Total	19	3284,4261		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 23 ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁREA DE RAÍZES DE *Vigna radiata* (%) EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES (0; 0,75; 1,5; 2,25; e 3 g L<sup>-1</sup>) DE *Lithothamnium* MICRONIZADO (Lm). (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	0.06596	0.06596	6.9826 *
Regressão quadrática	1	0.32706	0.32706	34.6242 **
Regressão cúbica	1	0.07919	0.07919	8.3839 *
Regressão 4º grau	1	0.00230	0.00230	0.2436 ns
Tratamentos	4	0.47451	0.11863	12.5586 --
Resíduo	15	0.14169	0.00945	
Total	19	0.61620		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $.01 \leq p < .05$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.

APÊNDICE 24 ÁREA DE RAÍZES DE *Vigna radiata* (%) EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES (0; 5; 10; 15 E 20 ppm) DE AIA. (EXPERIMENTO REALIZADO NO LABORATÓRIO DE BIOFERTILIZANTES - UFPR, PINHAIS - PARANÁ).

FONTE DE VARIAÇÃO	GL <sup>1</sup>	SQ <sup>2</sup>	QM <sup>3</sup>	F
Regressão linear	1	0,01024	0,01024	2,3452 ns
Regressão quadrática	1	0,13925	0,13925	31,8916 **
Regressão cúbica	1	0,00934	0,00934	2,1392 ns
Regressão 4º grau	1	0,00132	0,00132	0,3031 ns
Tratamentos	4	0,16016	0,04004	9,1698 --
Resíduo	15	0,0655	0,00437	
Total	19	0,22565		

NOTA: \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ ); ns não significativo ( $p \geq .05$ ); <sup>1</sup> Graus de Liberdade; <sup>2</sup> Soma de Quadrados; <sup>3</sup> Quadrado Médio.